

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20780115
 研究課題名 (和文) 日本の地質条件が森林生態系の生物地球化学プロセスに与える影響
 研究課題名 (英文) Effects of geology on biogeochemical processes in Japanese forests
 研究代表者
 渡邊 哲弘 (WATANABE TETSUHIRO)
 京都大学・地球環境学堂・助教
 研究者番号：60456902

研究成果の概要 (和文) : 日本の湿潤な気候条件下では土壤中の雲母は熱力学的に不安定であり、陽イオン交換の主体として働くバーミキュライトへと変質していた。その量は母材が頁岩等の堆積岩 > 酸性岩 > 塩基性岩の順で多かった。活性アルミニウム・鉄に関して、その量は火山灰土壌で極めて多いほか、高標高の土壌で多い傾向があった。これら活性アルミニウム・鉄は有機物蓄積に寄与し、負荷された酸を中和し、リン酸吸着の容量と強度を大きくしていた。

研究成果の概要 (英文) : Vermiculite, which controls cation exchangeable reactions in soils, formed from thermodynamically unstable mica minerals under humid climatic conditions in Japan. The amount of vermiculite is large in the following order of parent materials; sedimentary rock (i.e. shall) > acidic rocks > basic rocks, volcanic ash. Active aluminum and iron contents were high in high altitude soils, besides extremely high amounts in volcanic soils. They contributed to organic matter accumulation, maintained soil pH with dissolving, and controlled sorption capacity and intensity of phosphate.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

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：土壌鉱物、地質、生物地球化学

1. 研究開始当初の背景

森林や水資源の適切な管理と利用のためには、森林生態系における生物地球化学プロセスを解明する必要がある。このプロセスは

地質の影響を強く受けており、以下の点について研究が必要とされている。(1) 二次鉱物は土壌中の化学反応を支配しており物質循環に強く影響する。その各種二次鉱物の生成

条件を理論的に提示するために、化学熱力学と反応速度論に基づいた解析が求められている。(2) 森林生態系において土壌は無機養分の供給源として最重要である。その養分動態の地質条件による違いを明らかにすることが求められている。

2. 研究の目的

本研究では、世界的に見て多様な地質条件を有する日本の森林生態系を対象として、生物地球化学プロセスにおける土壌の機能—(1)二次鉱物の生成、(2)生態系への無機養分供給—を、異なる地質間で比較評価し、森林生態系の適切な管理と利用に資する知見の獲得を目指した。

3. 研究の方法

頁岩等の堆積岩、酸性岩、塩基性岩、火山灰を母材として生成した森林土壌を採取し、下記の実験に供した。

(1) 粘土鉱物の分布

粘土鉱物の分布はX線回折分析、示唆熱分析、および酸性シュウ酸塩による活性アルミニウム・鉄 ($Al_0 \cdot Fe_0$) の抽出により測定した。鉱物の熱力学的安定性を評価するために土壌溶液を抽出し、その組成を調べた。

(2) 土壌粘土鉱物が元素動態に与える影響

陽イオン交換容量は酢酸アンモニウムを用いて定量した。酸負荷に対する土壌の応答は、pH3 になるまで酸滴定を行い、その酸中和量と放出されたアルミニウム、カルシウム、マグネシウムなどの陽イオン量を測定することで調べた。リン酸吸着容量は異なる濃度のリン酸溶液中でのリン酸吸着量を測定し、ラングミュア式をあてはめることで算出した。リン酸の脱着しにくさは、吸着容量に相当するリン酸を添加したのち、陰イオン交換樹脂でリン酸を抽出することで測定した。土壌炭素含量は乾式燃焼法により測定した。

4. 研究成果

(1) 粘土鉱物の分布

① バーミキュライト

バーミキュライト含量はその土壌の地質を強く反映しており、頁岩等の堆積岩や酸性火成岩（花崗岩・流紋岩）といった土壌の母材中に雲母鉱物の量が多いほど、その風化産物であるバーミキュライトが多く含まれていた（図1）。雲母鉱物の量は、頁岩等の堆積岩 > 酸性岩 > 塩基性岩、火山灰であった。雲母鉱物が比較的少ない酸性岩や塩基性岩では、カオリナイトの量が多くなっていた。

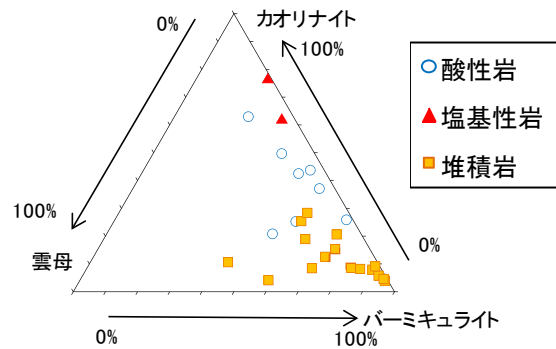


図1 粘土鉱物組成

土壌溶液を用い鉱物の安定性を調べたところ、湿潤な気候条件により土壌溶液の pH は低く、そのため雲母鉱物はいずれの土壌においても不安定でありバーミキュライトに風化していると考えられた（図2）。

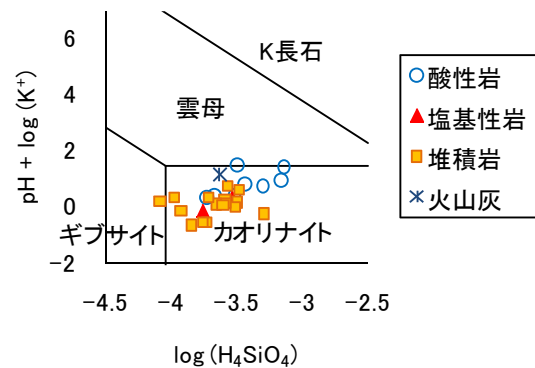


図2 粘土鉱物の熱力学的安定性

② 活性アルミニウム・鉄の分布

活性アルミニウム・鉄の量は火山灰土壌で極めて多いほか、高標高の土壌やポドゾル下層土壌で多い傾向があった。それらを除くと、活性 Al は粘土含量と正の相関があり、塩基性岩、頁岩等の堆積岩 > 酸性岩母材土壌となった。また、粘土あたりの活性アルミニウム・鉄の量は標高と関係が強く、高標高の土壌ほど多かった（図3）。

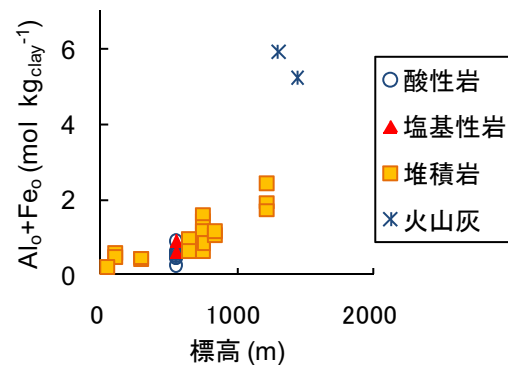


図3 標高と粘土当たりの活性アルミニウム・鉄量の関係

(2) 土壤粘土鉱物が元素動態に与える影響

① 陽イオン交換容量

異なる気候帯（熱帯湿潤気候、熱帯モンスーン気候）に比べると、日本では雲母の風化によって生成したバーミキュライトが多いために、陽イオン交換容量が大きいことが示された。日本の地質の異なる土壤間では陽イオン交換容量に大きな違いはなく、バーミキュライトの2:1層間にあるアルミニウムポリマーが、層荷電を減少させる影響が強いためと考えられた。

② 酸負荷に対する土壤の応答

土壤の酸負荷に対する応答は、養分供給や酸中和の観点から重要である。日本の土壤の酸負荷に対する反応は主として、アルミニウムの放出によっており、その放出量は活性アルミニウム量と関係が強かった（図4）。火山灰土壤では、反応の速い陰イオン吸着により酸が中和されており、アルミニウムの放出が少なかった。日本の土壤では主として活性アルミニウムの溶解により酸が中和され、土壤pHの低下を抑えていると考えられた。今後、活性アルミニウムの生成量と養分元素の放出を明らかにするため、一次鉱物の溶解速度を明らかにする必要がある。

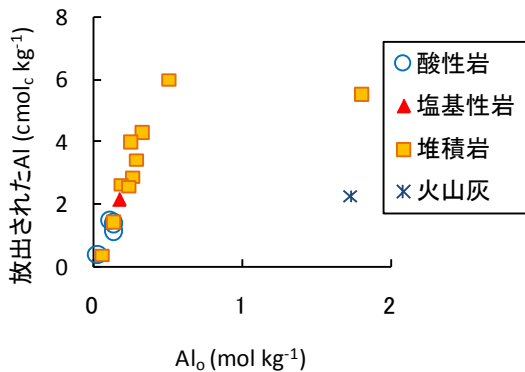


図4 活性Al量と酸の添加に伴って放出されたAlの関係

③ リン酸の吸脱着

植物の主要必須元素であるリン酸の吸脱着について、その吸着量は土壤中の活性アルミニウム・鉄量に規定されていることが示されているが、土壤における吸着強度と活性アルミニウム・鉄との関係は明らかではなかった。本研究では、活性アルミニウム・鉄がリン酸の吸着容量を規定していることを確認し（図5）、さらにそれらの量が多いほどリン酸が脱着しにくいことを示した（図6）。

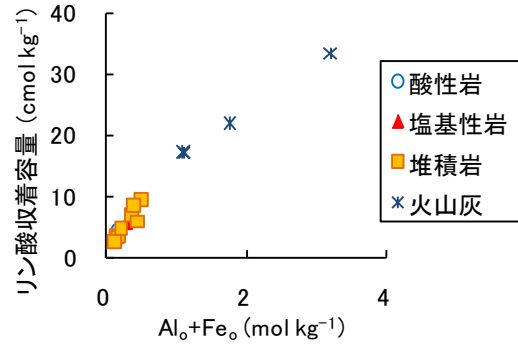


図5 活性アルミニウム・鉄とリン酸吸着容量の関係

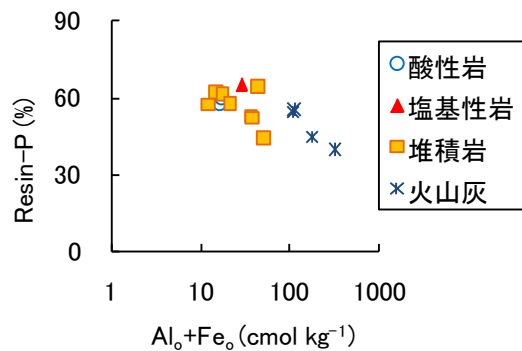


図6 活性アルミニウム・鉄とイオン交換樹脂によって抽出されたリン酸の関係

また、このリン酸の脱着しにくさが土壤の微小孔隙（0.7-4nm）の割合と関係しており、微小孔隙中にリン酸が保持されるために脱着しにくくなっている可能性を示した。

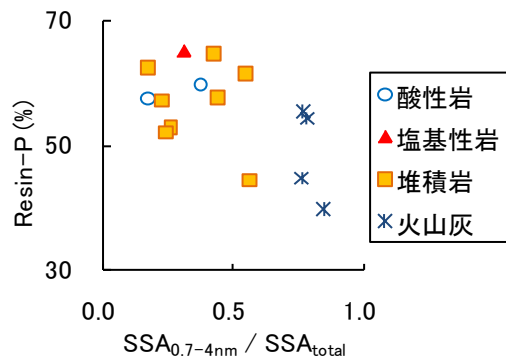


図7 土壤の細孔隙面積の割合とイオン交換樹脂で脱着されたリン酸の関係

④ 有機炭素の蓄積量

土壤中の有機炭素の蓄積量は、土壤構造の発達や陽イオン交換などの機能の観点から重要である。土壤中の活性アルミニウム・鉄量は有機炭素含量と強く関係しており、有機物蓄積に対して寄与していると考えられた。

また、火山灰土壌の下層においては、活性アルミニウム・鉄に対して、有機炭素量が少なく、今後の有機物の蓄積が期待される。

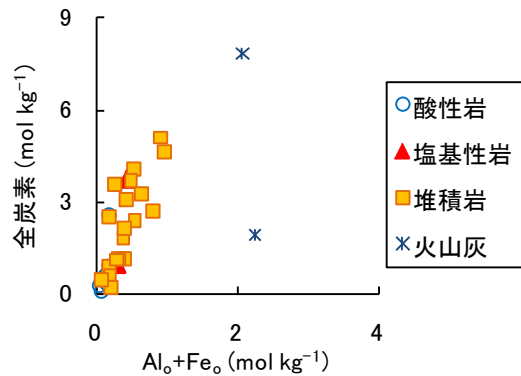


図8 活性アルミニウム・鉄と土壌炭素含量の関係

(3) まとめと今後の展望

本研究より、2:1型粘土鉱物の分布と生成条件が明らかになった。またアルミニウムポリマーが2:1層の荷電を打ち消していることを示した。活性アルミニウム・鉄は火山灰土壌で多いことが良く知られているが、その他の量が少ない土壌においてもその影響は極めて大きく、有機物やリンの生態系内での挙動に強く影響することが示された。

活性アルミニウム・鉄の分布については、火山灰土壌で極めて多いことを除くと、地質と立地条件の影響が不明瞭であり、また2:1層間のアルミニウムポリマーの分布傾向もこれまで明確には示されていない。これらの分布の規定要因を明らかにし、今後の量の変化を推測することで、生態系内での物質動態がより精緻に解明されると期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① Nakao, A., Funakawa, S., Watanabe, T., Kosaki, Pedogenic alterations of illitic minerals represented by Radiocaesium Interception Potential in soils with different soil moisture regimes in humid Asia, *European Journal of Soil Science*, 査読有、Vol.60、2009、pp.139-152
- ② Watanabe, T., Ogawa, N., Funakawa, S., Kosaki, T., Relationship between chemical and mineralogical properties and the rapid response to acid load of soils in humid Asia: Japan, Thailand and Indonesia, *Soil Science and Plant*

Nutrition, 査読有、Vol.54、2008、pp.856-869

- ③ Funakawa, S., Watanabe, T., Kosaki, T., Regional trends in the chemical and mineralogical properties of upland soils in humid Asia: With special reference to the WRB classification scheme, *Soil Science and Plant Nutrition*, 査読有、Vol.54、2008、pp.751-760

[学会発表] (計5件)

- ① 中尾淳、渡邊哲弘、本田武義、許正一、舟川晋也、関宮蛇紋岩山地に発達した土壌の生成様式と理化学的・鉱物学的特徴について、日本ペドロロジー学会、2010年3月20日、くまもと県民交流館パレア(熊本市)
- ② 渡邊哲弘、長谷恵美子、舟川晋也、小崎隆、湿潤アジアにおける土壌の微小孔隙特性がリン酸の吸脱着に与える影響、日本土壌肥料学会、2009年9月15日、京都大学(京都市)
- ③ 渡邊哲弘、長谷恵美子、吉田啓史、舟川晋也、小崎隆、活性Al・Feがリン酸の吸着と有機物蓄積に与える影響—日本と熱帯の比較—、日本ペドロロジー学会、2009年4月3日、京都テルサ(京都市)
- ④ 舟川晋也、渡邊哲弘、中尾淳、小崎隆、湿潤アジアの洗脱型土壌における2:1型粘土鉱物の膨潤化—そのプロセスと理化学性への影響—、日本土壌肥料学会関西支部講演会、2008年11月28日、徳島県郷土文化会館(徳島市)
- ⑤ 渡邊哲弘、吉田啓史、舟川晋也、小崎隆、難分解性土壌有機炭素の蓄積に対する鉄およびアルミニウム酸化物・水酸化物の影響、日本土壌肥料学会、2008年9月9日、名古屋市立大学(名古屋市)

[図書] (計1件)

- ① Watanabe, T., Funakawa, S., Kosaki, T., Nova Science Publisher, Distribution of Clay Minerals in Upland Soils under Different Weathering Conditions of Humid Asia. In McLaughlin, E.D., Breaux, L.A. (Eds), *Chemical Mineralogy, Smelting and Metallization*. 2009, pp.19-56.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 哲弘 (WATANABE TETSUHIRO)
京都大学・地域環境学堂・助教
研究者番号：60456902