

(論文内容の要旨)

湿潤環境下の森林生態系において、土壤酸性化は、酸性雨だけでなく生態系内部で生物活動に伴い生成される酸（炭酸・有機酸の解離、硝酸化成、植物の陽イオン吸収に伴うプロトン放出）によっても進行する。生態系内部起源の酸の土壤酸性化への寄与を理解することは、酸性化を通じた鉱物風化、土壤生成過程の理解において、また酸性雨、森林伐採、耕地化といった人間活動に伴う攪乱の影響の評価において重要である。

これまで土壤酸性化における生態系内部起源の酸の役割は、土壤溶液のイオン組成を用いて研究されてきたが、酸の寄与を定量的に評価するためには、生産・消費量をそれぞれ定量することが必要である。本研究では、従来の酸性雨研究においては流域あるいは土壤全体のスケールで用いられてきたプロトン収支法を土壤各層位へ適用し、生態系内部起源の酸の生産・消費量、土壤酸性化への寄与を定量評価した上で、これらのプロセスに対する地質・気候条件および人為攪乱（森林の耕地化）の影響を検討した。

第1章は序論であり、この研究の背景を明示するとともに、本論文で取り扱う課題について記述した。

第2章では、プロトン収支法の理論と実験手法を記述するとともに、研究対象である日本、タイ、インドネシアの調査プロットの気候、植生（土地利用）、地質条件について記述した。

第3章、第4章では、生態系内部起源の酸の生産・消費量をプロセス毎に定量評価し、土壤酸性化に対する地質・気候条件の影響を検討した。まず第3章では、日本の森林土壤3地点（Andisol、Spodosol、Inceptisol）において、プロトン収支を土壤層位毎に測定し解析を行った。その結果土壤各層位における酸の生産・消費プロセスの違いを定量的に記述することが可能になった。いずれの土壤でも共通して、植物による陽イオン過剰吸収が主要な酸性化過程であった。しかしながら Andisol、Inceptisol では土壤各層位に酸負荷量が分散する一方、Spodosol においては植物吸収、有機酸の解離、硝酸化成による酸負荷が表層へ集中する点に違いが見られた。このように土壤各層位における酸の生産・消費量の違いが土壤酸性化のプロセス・程度に影響していることが示された。

第4章では、インドネシア東カリマンタン州の異なる母材（蛇紋岩・堆積岩）から発達した Oxisol、Ultisol におけるプロトン収支を定量評価し、地質条件の土壤酸性化への影響を検討した。熱帯林下における土壤酸性化は、高い純一次生産量を反映し、植物の陽イオン過剰吸収が主要な酸性化プロセスとなる点で共通していた。一方、母材に影響を受けた土壤酸性度の違いによって、植物吸収や有機酸・炭酸の解離による酸の生産・消費量の土壤断面内分布が異なることが示された。また、酸の種類、酸の生産・消費量の断面内分布、酸中和容量の違いによって、土壤断面内における Al、Fe の移動量・分布量が異なることが示された。

第5章では、タイ、インドネシアの耕地および近接した森林下の土壤におけるプロトン収支の定量を通して、森林の耕地化がもたらす土壤酸性化への影響を評価した。タイ、インドネシアのいずれにおいても、耕地化は、土壤有機物の減耗に伴い硝酸化

成による酸生産、有機物の無機化による酸消費をそれぞれ増加させる点で共通していた。ただし、タイとインドネシアでは、土壌有機物分解量、土壌酸性度、土性の違いによって酸の生産・消費量は大きく異なることが示された。

これらの結果をもとに、第6章では、土壌酸性化に対する気候・母材の影響について、既存のデータも併せて総合的に検討した。その結果湿潤アジア地域の森林において主要な酸性化プロセスは植物の陽イオン過剰吸収であり、一次生産量の増加とともに酸負荷量も増加し、樹体成長1 mol 炭素あたり0.004-0.010 mol_cの酸性化が進むことが示された。リターの生産・分解に伴う有機酸、炭酸、硝酸化成の土壌酸性化への寄与は、土壌全体としては小さいものの、各土壌層位においては不均一な酸の生産・消費を通して土壌酸性化過程の違いとして現れた。すなわち強酸性土壌では、有機酸の解離、植物吸収による酸負荷が表層に集中し、酸の一部は下層へ流出するとともにAl, Feの溶脱を引き起こしていた。一方弱酸性土壌では、酸負荷は土壌各層位に分散し、当該層位で塩基によってほぼ完全に中和されていた。このように気候（洗脱強度）、母材に影響を受けた土壌酸性度の違いが、植物吸収、有機酸・炭酸の解離による酸の生産・消費量の断面内分布の違いを引き起こし、現行の鉱物風化、土壌生成過程を規定していることが示された。

第7章では、本研究における成果のとりまとめを行った。

氏名

藤井一至

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、森林生態系内部起源の酸の生産・消費過程およびその土壤酸性化への寄与について、土壤各層位へのプロトン収支法の適用を通して定量評価する手法を開発するとともに、これを湿潤アジアの異なる森林生態系へ適用し、地質・気候条件および人為攪乱が土壤酸性化に及ぼす影響を明らかにしたものであり、評価できる点は以下の通りである。

- (1) 日本の森林土壤3地点 (Andisol、Spodosol、Inceptisol) において、従来の酸性雨研究では流域あるいは土壤全体のスケールで用いられてきたプロトン収支法を土壤各層位へ適用することで、生態系内部に由来する酸の生産・消費量を層位およびプロセス毎に定量評価することに成功した。その結果、各土壤において共通の森林土壤酸性化プロセスとして植物による陽イオン過剰吸収を、また土壤によって異なるプロセスとして酸負荷の断面内分布の違い (酸負荷が次表層土まで分散するAndisol、Inceptisolと表層土に集中するSpodosol) を定量的に説明することが可能となった。
- (2) ここで確立された土壤酸性化評価手法をインドネシア東カリマンタン州の異なる母材 (蛇紋岩および堆積岩) から発達したOxisol、Ultisolに適用することによって、地質条件の土壤酸性化に対する影響が検討された。その結果、熱帯林下における土壤酸性化は、高い純一次生産量を反映し、植物の陽イオン過剰吸収が主要な酸性化プロセスとなる点で共通していること、また母材に影響を受けた土壤酸性度の違いによって、植物吸収や有機酸・炭酸の解離による酸の生産・消費量の土壤断面内分布が異なることが示された。また、酸の種類、酸の生産・消費量の断面内分布、酸中和容量の違いによって、土壤断面内におけるAl、Feの移動量および分布量が異なることが明らかとなった。
- (3) さらに本手法を気候の異なるタイ (乾季あり)、インドネシア (乾季なし) の耕地および近接した森林下の土壤に適用することを通して、森林の耕地化がもたらす土壤酸性化への影響が検討された。タイ、インドネシアのいずれにおいても、耕地化は土壤有機物の減耗に伴い、硝酸化成による酸生産と有機物の無機化による酸消費をそれぞれ増加させる点で共通していた。しかしながら両地域では、気候条件の違いを反映した土壤有機物分解速度や土壤酸性度、および土性の違いによって酸の生産・消費量が大きく異なることが示された。

以上のように本研究は、プロトン収支法の森林土壤各層位への適用を通して土壤酸性化評価手法を確立し、湿潤アジアにおいて地質・気候条件および人為攪乱が土壤酸性化に及ぼす影響を明らかにしたものであり、土壤学や森林生態学の発展に寄与するばかりでなく、酸性降下物などの環境変動要因の影響予測にも応用可能な知見を与えている。

よって、本論文は博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成21年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士 (農学) の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。