

平成 30 年 5 月 24 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26450196

研究課題名(和文) 鉱物と有機物の相互作用に着目した森林土壌の窒素負荷耐性に関する研究

研究課題名(英文) Relationships between nitrogen in mineral associated organic matter and nitrogen retention of forest soils

研究代表者

廣部 宗 (Hirobe, Muneto)

岡山大学・環境生命科学研究所・教授

研究者番号：20363575

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：森林土壌の窒素負荷耐性について、鉱物-有機物複合体(MAOM)として存在する窒素に注目し、森林内の地形による窒素代謝特性の変動も考慮して検討した。重窒素添加培養実験の結果、対象とした2林分では単位微細鉱物粒子重量あたりのMAOM窒素ではなく、MAOMの炭素/窒素比が低い土壌は窒素負荷に対する耐性が低い可能性があることが示唆された。今後さらに対象林分を拡大して検証する必要がある。

研究成果の概要(英文)：We tried to understand nitrogen (N) retention of forest soils, focusing on N in mineral associated organic matter (MAOM). In the experiment, we also tried to consider the topographic variations in soil N transformations. In the examined two forest stands, the results of N-15 addition incubation suggested that N over fine mineral particles (silt and clay) did not related to N retention, and that lower C/N ratio of MAOM indicated lower N retention. Further research in many forest types is needed for generalization.

研究分野：森林生態学

キーワード：森林土壌 窒素保持

1. 研究開始当初の背景

窒素は窒素分子として大気中の約 80% を占め、豊富に存在する元素であるが、窒素分子は生物地球化学的に不活性である。さらに、陸上生態系に存在する化合態窒素のほとんどは土壌有機物中に含まれる有機態窒素であり、植物は窒素源として直接吸収利用することができない。そのため、特に温帯以北の森林生態系においては窒素の可給性が一次生産を最も頻繁に制限する要因とされており、窒素循環機構の理解は森林生態系動態を解明する上で極めて重要である。

一方、人為の化合態窒素生成・排出速度は急激に増大し、現在の地球上では毎年自然状態の 2 倍以上の速度で化合態窒素が生成され続けている。過剰に変換されたこれらの化合態窒素は環境中に放出され、窒素酸化物等を含んだ大気降水(窒素降水)として特に工業地域や大都市周辺の森林生態系に継続的に供給されている。

森林生態系外部から窒素降水が多量かつ継続的に供給されると、森林生態系内において生物が利用しやすい化合態窒素量が生物の要求量を超えた過剰な状態(窒素飽和)に至り、森林生態系の衰退と系外への窒素流出が生じる可能性がある。森林生態系の衰退は、生産機能だけでなく、土砂流出の防止等様々な公益的機能を低下させ、森林流出水の水質変化は下流の河川・湖沼などの水域生態系、およびそれらを水源・食物源として利用する人類を含む陸上生物に大きな影響を及ぼす。そのため、人為起源の窒素降水が森林生態系窒素循環に及ぼす影響を把握するとともに、今後の変化を予測して森林生態系を持続的に管理していくことが求められている。

2. 研究の目的

窒素降水が森林生態系窒素循環に及ぼす影響を把握する上で、生態系外部からの窒素負荷に対する耐性は最も基本的かつ重要な情報である。森林生態系においては土壌が最も大きな窒素蓄積場所であり、生態系内に存在する全窒素の 90% 以上が保持されている。すなわち、窒素降水負荷に対する森林生態系の耐性は大きめに土壌の窒素負荷耐性によって決定されるため、森林土壌の窒素負荷耐性の発現機構や決定要因に関するこれまで以上の理解が必要である。

Castellano et al. (2012) は、森林土壌の窒素負荷に対する保持能力について、土壌における鉱物と有機物の相互作用に基づいた評価を試みた。鉱物と有機物の相互作用は、土壌の炭素蓄積・保持能力の研究において注目されてきた(Sollins et al. 1996)。土壌の炭素蓄積・保持能力は、有機物が土壌に供給される速度と供給された有機物が微生物により分解される速度により決定される。その際、土壌に供給された有機物が速やかに分解・無機化されるか、あるいは長期間(数十~千年)

にわたって分解を免れて保持されるかは、土壌に供給される有機物そのものが持つ分解性ではなく、有機物が土壌中の微細鉱物と反応し物理化学的に安定化する作用(鉱物-有機物複合体生成作用)によるところが大きい(Sollins et al. 1996; Wagai et al. 2009)。そのため、土壌の炭素蓄積・保持能力は土壌中の微細鉱物含有量に大きく依存し、全ての微細鉱物が有機物と結合してしまうとそれ以上の炭素蓄積は生じなくなるとされる(土壌の炭素飽和理論)(Sollins et al. 1996)。

Castellano et al. (2012) は土壌の炭素飽和理論を踏まえ、土壌の窒素蓄積・保持能力は鉱物-有機物複合体として存在する有機物が保持している窒素量と関係があることを示唆している。

しかしながら、鉱物-有機物複合体に含まれる窒素量については限られた土壌を対象に検証されたのみであり、不明な点も多い。本研究では、我が国の森林土壌の潜在的な窒素負荷耐性を検討するため、鉱物-有機物複合体に含まれる窒素の把握し、それらと土壌の窒素代謝の関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

森林土壌の窒素代謝特性や林床有機物の堆積様式は気候、植生、母材および地形等により異なるが、我が国の森林は大部分が傾斜地に存在し、比較的小さな空間規模において地形による違いが顕著にみられる。そのため本研究では、岡山県内の優占する植生が異なる 3 林分(コナラ・クヌギが優占する落葉広葉樹二次林、ヒノキ人工林、およびコナラが優占する落葉広葉樹二次林)を対象に、地形による窒素代謝の違いを含めて研究を実施した。

コナラ・クヌギが優占する落葉広葉樹二次林

地形変化を含む 40m × 90m 調査区において、36 個の 10m × 10m 方形区から鉱質土層表層(0-10cm)を採取し、2mm 未満の細土を用いて実験室培養により見かけの窒素無機化特性を、粒径分画法(Castellano et al. 2012)により有機態窒素存在形態を分析した。本研究では、Castellano et al. (2012) に従い、53 μ m 以上の画分をを粒子状有機物(Particulate Organic Matter: POM)と砂、53 μ m 未満の画分を鉱物-有機物複合体(Mineral Associated Organic Matter: MAOM)とした。POM は鉱物粒子と結合していないため微生物に利用しやすく、MAOM は化学的吸着や物理的隔離により微生物に利用しにくいとされる。

ヒノキ人工林およびコナラが優占する落葉広葉樹二次林

これらの森林では、林内の一斜面を対象とし、斜面の下部から上部までを含む範囲に等間隔で 25 ヶ所の土壌採取地点を設定した。土壌採取地点において鉱質土層表層

(0-10cm)を採取し、2mm未満の細土を用いて実験室培養により見かけの窒素無機化特性を、粒径分画法により有機態窒素存在形態を分析した。また、重窒素(^{15}N)トレーサー(塩化アンモニウムまたは硝酸ナトリウム)を用いた添加培養実験も行い、実際の窒素無機化特性の分析とともに、添加した ^{15}N トレーサーのPOMあるいはMAOMへの取込についても分析した。

4. 研究成果

コナラ・クヌギが優占する落葉広葉樹二次林

調査区内には尾根部や谷部といった地形変化が含まれており、実験室培養による見かけの窒素無機化速度および見かけの硝化速度は谷部で高く尾根部で低い傾向を示した。一方、POMあるいはMAOMとして存在する炭素、窒素および炭素/窒素比(C/N比)にもばらつきがみられたが(変動係数5.6~23)見かけの窒素無機化特性のような明確な地形変化にともなう傾向はみられなかった。

一般化線型モデルによる解析の結果、純窒素無機化速度は単位土壌重量当たりのPOM窒素が多いと高くなり、MAOMのC/N比が高いと低くなることがわかった。また、純硝化速度はPOMのC/N比が高いと低くなることがわかった。

ヒノキ人工林およびコナラが優占する落葉広葉樹二次林

ヒノキ人工林においては、実験室培養による見かけの窒素無機化速度および見かけの

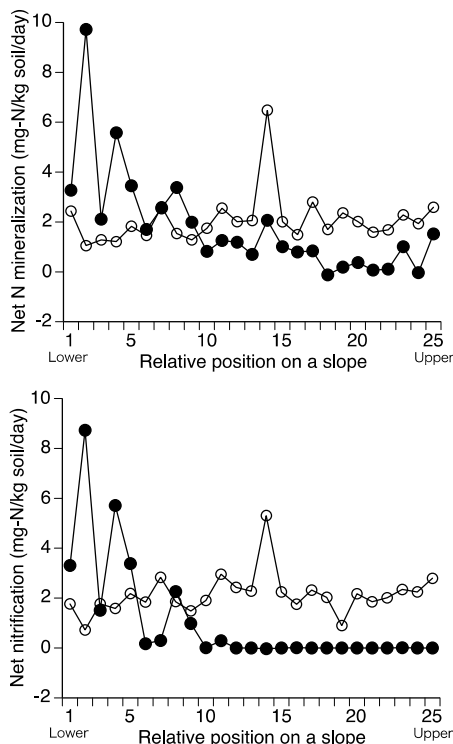


図1. ヒノキ人工林(●)およびコナラが優占する落葉広葉樹二次林(○)における斜面に沿った見かけの窒素無機化速度(上図)および見かけの硝化速度(下図)。

硝化速度は斜面の下部で高く、斜面の上部では低い傾向がみられた(図1)。一方、コナラが優占する落葉広葉樹二次林では斜面に沿った傾向はみられず、斜面上の位置に関わらず硝化活性がみられた(図1)。 ^{15}N 添加培養による実際の無機化速度ではどちらの林分においても斜面に沿った傾向はみられず、実際の硝化速度はヒノキ人工林でのみ斜面の下部で高く斜面の上部では検出されなかった。

単位微細鉱物粒子重量当たりのMAOM-Nは、コナラが優占する落葉広葉樹二次林に比べヒノキ人工林で高く、 ^{15}N 添加培養実験中にPOMまたはMAOMに取り込まれなかった ^{15}N の割合との間に関係はみられなかった(図2)。MAOMのC/Nもコナラが優占する落葉広葉樹二次林に比べヒノキ人工林で高く、MAOMのC/Nが高いと ^{15}N 添加培養実験中にPOMまたはMAOMに取り込まれなかった ^{15}N の割合が低くなる傾向がみられた。

添加した ^{15}N の土壌有機物への保持率を森林土壌の窒素負荷耐性の指標と考えると、単位微細鉱物粒子あたりのMAOM-Nが高い土壌ではなく、MAOMのC/N比が低い土壌は、窒素負荷に対する耐性が低い可能性があることが示唆された。加えて、MAOMのC/N比が低い

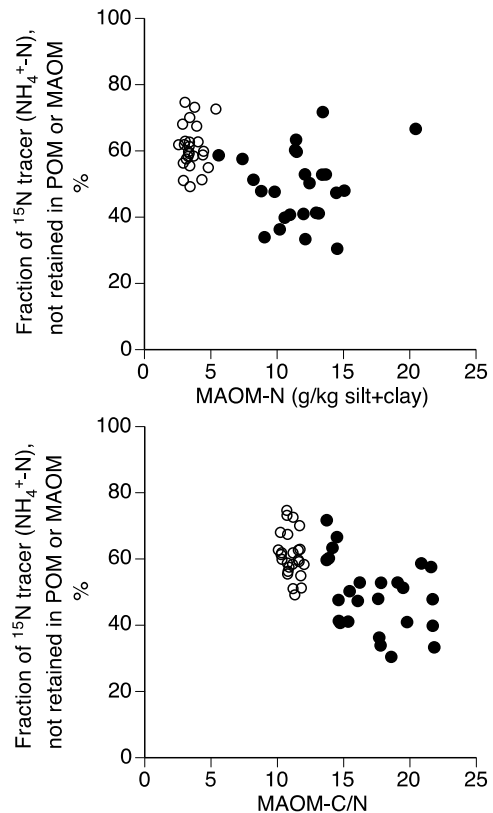


図2. ヒノキ人工林(●)およびコナラが優占する落葉広葉樹二次林(○)における ^{15}N トレーサー(塩化アンモニウム)添加培養実験で、POMあるいはMAOMに取り込まれなかった ^{15}N の割合と単位微細鉱物粒子重量当たりのMAOM窒素(上図)あるいはMAOMのC/N比(下図)との関係。

林分あるいは特に斜面の下部の土壌では水の移動に伴って容易に溶脱される硝酸が生成されるため、土壌有機物に保持されなかった窒素の系外流出も生じやすい可能性があることが示唆された。

しかしながら、ヒノキ人工林およびコナラが優占する落葉広葉樹二次林における違いの原因については不明であり、今後さらに植生や母材等が異なる森林を対象に加えて検討する必要がある。

<引用文献>

Castellano MJ, Kaye JP, Lin H, Schmidt JP. Ecosystems, 15, 175-187, 2012.
Sollins P, Homann P, Caldwell BA. Geoderma, 74,65-105, 1996.
Wagai R, Mayer LM, Kitayama K. Soil Science and Plant Nutrition, 55, 13-25, 2009.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

廣部 宗 他、ヒノキ人工林の斜面に沿った土壌の窒素無機化特性と有機態窒素存在形態、第 128 回日本森林学会大会、2017 年 3 月 28 日、鹿児島大学郡元キャンパス(鹿児島県・鹿児島市)

廣部 宗 他、落葉広葉樹二次林における土壌有機態窒素の粒径分画による評価、第 127 回日本森林学会大会、2016 年 3 月 29 日、日本大学生物資源科学部(神奈川県・藤沢市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

廣部 宗 (Hirobe, Muneto)

岡山大学・大学院環境生命科学研究科・教授

研究者番号：20363575

(2)研究分担者

(3)連携研究者

兵藤 不二夫 (Hyodo, Fujio)

岡山大学・異分野融合先端研究コア・准教授

研究者番号：70435535

(4)研究協力者