

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	森 大 喜
論文題目	Effects of phosphorus application on nitrous oxide emissions from soils of <i>Acacia mangium</i> plantation and their impacts on mitigation of global warming (<i>Acacia mangium</i> 植林地土壌からの亜酸化窒素放出に及ぼすリン施用の影響と温暖化緩和へのインパクト)		
(論文内容の要旨)			
<p>近年東南アジア地域において急速に拡大した熱帯マメ科早生樹植林地では、根粒菌による窒素固定により土壌への窒素投入量が増加し、土壌窒素プールと窒素循環量の拡大が引き起こされ、温室効果ガスの一つである亜酸化窒素 (N_2O) の重大な発生源となっていることが明らかになっている。一方で、熱帯土壌は普遍的なリン欠乏状態にあるため早生樹植林においてもしばしばリン施用が行われるが、リン施用は土壌微生物ならびに植物のリン制限を解除することによって、窒素動態およびN_2O放出量を変化させ、また樹木の炭素固定量にも変化をもたらす可能性がある。しかし、熱帯マメ科早生樹植林地において、N_2O放出量および植林地の持つ温暖化緩和効果に対するリン施用の影響を総合的に評価した先行研究はない。本論文は、熱帯アジアの重要植林樹種である<i>Acacia mangium</i> 植林地土壌を対象に、リン施用がN_2O放出量に与える影響を室内培養実験および現場でのリン施用実験から解明すると共に、土壌のメタン吸収量、樹木による炭素固定量、土壌炭素分解量に与える影響を併せて解析し、植林地の温暖化緩和効果に対するリン施用の影響を明らかにしたものである。</p> <p><i>A. mangium</i> 植林地土壌を用いた室内培養実験を行い、リン添加が微生物活動およびN_2O 放出に与える影響を明らかにした。さらに、アセチレン阻害実験を行い、N_2Oを硝化由来のものと脱窒由来のものに分離すると共に、炭素・窒素を同時に添加する実験を行いCN比の違いがリン添加効果に与える影響を明らかにした。その結果、リン添加は硝化由来・脱窒由来のN_2O放出量を共に増加させ、CN比の違いはその結果に影響を与えなかった。N_2O発生量が増加した理由として、(i) リン添加土壌ではアンモニア態窒素現存量が培養終了時に高いことから、リン添加が窒素循環を加速させた可能性、(ii)リン添加が硝化菌および脱窒菌のリン制限を解除した可能性、(iii)リン添加に伴う土壌微生物呼吸量の増加とN_2O/NO比の上昇から、リン添加が従属栄養微生物の酸素消費を促進させより嫌気的な条件が形成されたことで脱窒プロセスが活性化した可能性を指摘した。</p> <p>スマトラの<i>A. mangium</i> 植林地で根排除区と非排除区を設けてリン施用実験を行い、リン施用が植物根による窒素吸収およびN_2O放出に与える影響を明らかにした。根排除区では、リン施用は培養実験同様にN_2O放出量を増加させたのに対し、植物根存在下では逆に放出量は減少し無機態窒素現存量も減少したことから、植物根存在下でリンを施用すれば植物による窒素吸収を促進することで硝化・脱窒過程へ流れる窒素量が減少しN_2O生成が抑制されることを明らかにした。さらに、土壌からのCO_2放出量およびCH_4吸収量を同時に測定し、リン施用は微生物呼吸および根呼吸を増加させること、リン施用のメタン吸収に与える影響は小さいことを明らかにした。</p> <p>新植若齢のアカシア林で2年間の観測を行い、N_2O放出量、メタン吸収量、樹木の炭素固定</p>			

量、土壌炭素分解量にリン施用が与える影響を明らかにした。N₂O放出はリン施用によって特に植栽2年目に抑制され、2年間の総抑制量はCO₂換算で1.58t ha⁻¹であった。N₂Oフラックスは土壌全窒素およびWFPS(全土壌孔隙中に占める水の体積割合)と正の相関を示し、リン施用区では土壌全窒素、WFPSのいずれも減少していたことから、リン施用に伴い植生根による窒素ならびに水の吸収促進によってN₂O放出を抑制した可能性を指摘した。また、リン施用によって樹木による炭素固定量はCO₂換算で5.18t ha⁻¹増加した一方、土壌炭素蓄積量およびメタン吸収量はCO₂換算でそれぞれ4.4t ha⁻¹および0.03t ha⁻¹減少した。これらを総合すると、植林による2年間の温暖化緩和効果の総量はリン施用によりCO₂換算で2.3t ha⁻¹増大した計算となり、そのうち約68%がリンによるN₂O放出削減によるものであることを示した。

以上のことから本論文は、熱帯土壌へのリン施用は、植物が存在する限りではN₂O放出量削減に効果があるが、植物による窒素吸収が期待できない場合はN₂O放出を助長する恐れがあることを明らかにし、伐採直後等樹木の存在しない時期にはリン施用を避ける必要があることを示した。また、リン施用が植林地の温暖化緩和効果を増大させる可能性を指摘し、新たな温暖化緩和オプションを提示した。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

湿潤熱帯の強風化土壌は普遍的なリン欠乏状態にあるため、植林施業においてリン施用が広く行われる。一方で熱帯のマメ科早生樹植林地は温室効果ガスの一つである亜酸化窒素 (N_2O) の重要な放出源であるが、リン施用を行えば土壌微生物や植物のリン制限が解除され、窒素動態および N_2O 放出量を変化させる可能性がある。本論文は、リン施用が N_2O 放出に与える影響を、室内培養実験および植物根排除とリン施用を組み合わせたフィールド実験を行うことで、土壌微生物と植物の貢献を分離して明らかにすると同時に、リン施用が植林地の持つ温暖化緩和効果に与える影響を、総合的に論じたものである。評価できる点として以下の3点を挙げる事ができる。

1) *A. mangium* 植林地土壌用い、 N_2O 放出に対するリン添加の影響を培養実験によって詳細に論じ、植物の存在しない状況下では、リン施用は硝化および脱窒過程を促進させることによって N_2O 放出量を増加させる危険性を示した。本知見は、リン施肥の適切な時期および方法を議論する上で重要な情報を提供する。また、林地に比べはるかに大きな N_2O 放出源である熱帯農地においても同様にリン施用が N_2O 放出を増大させる可能性を示し、これまで N_2O 放出と関連付けて論じられることなかった土壌リン資源管理の重要性を指摘した。

2) *A. mangium* 植林地において、植物根存在下では、リン施用は植物の窒素吸収を促進させることによって、硝化および脱窒に利用可能な窒素を減少させ、 N_2O 放出を抑制することを明らかにした。今後も拡大を続けると予想される熱帯マメ科早生樹植林地において、 N_2O 放出抑制は重要な課題のひとつであるが、本結果は、リン施用がその具体的な解決オプションの一つとなる可能性を示した。また、本知見は、熱帯土壌におけるリンのレベルならびに分布が N_2O 放出量をコントロールする要因である可能性を示すもので、広域での N_2O 放出量の推定を行うための新たな生物地球化学的視点を提供した。

3) リン施用が N_2O 放出量、メタン吸収量、樹木による炭素固定量、土壌炭素分解量に与える影響を2年間にわたって観測し、リン施用を*A. mangium* 植林地施業に導入すれば、植林による温暖化緩和効果の総量はリン施用により増大する可能性を示した。本成果は、リン施用の新たな温暖化緩和オプションとしての可能性を示すもので、生物生産機能と地球温暖化緩和機能を調和的に発揮するための植林施業体系の構築に貢献する。

以上のように本論文は、マメ科早生樹*Acacia mangium* 植林地における亜酸化窒素放出に対するリン施用の影響および温暖化緩和へのインパクトを室内培養実験及びフィールド実験から詳細に論じたもので、生物地球化学、森林生態学、土壌学、森林立地環境学、森林管理学の発展ならびに、熱帯早生樹植林地の環境サービス機能の評価・増進に貢献するところが大きい。

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25年2月14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。

注)Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降