

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 磯部 一夫

ハーバー・ボッシュ法の発明以来、大量の無機態窒素が合成され環境中に拡散することで、大気から森林生態系への無機態窒素の沈着量が増加している。特に中国においては、急速な経済発展と相まった著しい窒素沈着が確認され、今後も増加の一途を辿ると予測されている。その結果として、土壌から多量の NO_3^- が水の移動にともなって溶脱していることが報告されている。本研究は、高窒素負荷環境にある中国亜熱帯林を研究サイトとし、以下の3点を目的としている。すなわち (1) 窒素フロー速度の測定法を確立すること、(2) 土壌中の窒素フローの特徴と窒素流入量の増加に対する窒素フローの変化を明らかにすること、(3) 硝化を担っている微生物群集を特定し、 NO_3^- 生成への寄与を定量的に明らかにすること。さらに (1) ~ (3) を通して、亜熱帯林土壌中の NO_3^- 生成メカニズムの全体像を明らかにし、予想される窒素負荷の増大に対する窒素循環プロセスの変化を予測することを試みている。

第1章では、森林の窒素循環および硝化微生物群集を概説したのち、無機態窒素の動態およびそれを担う微生物群集の把握の重要性を指摘し、本研究の目的について述べている。

第2章と第3章では、土壌中の窒素フロー速度の簡便な測定法の確立について述べている。従来の測定法は行程が煩雑なうえ、高価な同位体比質量分析計 (IRMS) やガス濃縮などの特殊な前処理が必要とするなどの難点があった。第2章では、まず IRMS の代わりにガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) を用いて分析できるようにするため、GC/MS の改良および分析条件の最適化を行った。その結果、窒素フロー速度の測定にとって重要な N_2O について、2.5 分以内に 10^5 のダイナミックレンジで定量することを可能にした。続いて第3章では、土壌中の無機態・有機態窒素の濃度と安定同位体比を簡便に測定するための方法の確立を行った。この方法では、土壌抽出液中の無機態・有機態窒素をそれぞれ N_2O に変換し、その濃度と窒素安定同位体比を上記の GC/MS で測定する。この分析手法の確立により、従来の方法に比べて簡便かつ迅速な土壌中の窒素フロー速度の測定を可能にした。

第4章では、高窒素負荷環境にある中国亜熱帯林において土壌中の窒素フローの解析し、林齢の異なる3つの森林 (広葉樹林、松林、広葉樹-松混合林) 土壌中の窒素フローの特徴について述べている。解析を行った結果、無機化および $\text{NH}_4^+ \cdot \text{NO}_3^-$ 不動化速度は森林間で差が見られなかった一方で、広葉樹林の硝化速度は、松林や混合林に比べて著しく大きいことを明らかにした。また広葉樹林においては土壌からの NO_3^- 溶脱量が多いことが報告されているが、それは土壌中の硝化速度が大きく、その結果として NO_3^- 濃度が高いことに起因することを強く示唆した。

第5章では、窒素流入量の増大に対する窒素フローの変化を解析し、今後予想される窒素負荷

の増大に対する窒素循環プロセスの変化の予測を行っている。そのために、広葉樹林と松林に設置された、 NH_4NO_3 を人為的に添加する窒素添加区ならびに添加しない無添加区の土壌を用いて土壌中の窒素フローの解析を行っている。その結果、広葉樹林の窒素添加区では無添加区に比べて、微生物バイオマスと窒素不動化速度が小さく、 NO_3^- 濃度が高いことを示した。これに対して、松林では微生物バイオマスや NO_3^- 濃度に差はなく、窒素不動化速度が増大していることを示した。以上の結果から、松林に比べて広葉樹林では、予想される窒素負荷の増大に応じて、土壌微生物バイオマスが小さくなり窒素不動化速度が低下することで、土壌から NO_3^- がさらに溶脱されやすくなることを強く示唆した。

第6章では、各森林土壌間の窒素フロー速度の差異は硝化において顕著であったことから、土壌中の硝化微生物群集の解析を行っている。その結果、従来、アンモニア酸化（硝化の第一かつ律速段階）を主に担っていると考えられてきたアンモニア酸化細菌（AOB）の存在量は極めて小さく、一方で近年新たな担い手として発見されたアンモニア酸化アーキア（AOA）の存在量が著しく大きいことを明らかにした。さらに AOA の *amoA*（アンモニアモノオキシゲナーゼ遺伝子）コピー数と硝化速度との間に正の相関があることを示した。このことは AOA がアンモニア酸化の主な担い手であると同時に、土壌中の硝化速度は AOA の存在量によって大きくコントロールされていることを強く示唆している。

以上、本研究において、まず土壌中の窒素フロー速度の簡便な測定法を確立した。続いて、高窒素負荷環境にある中国亜熱帯林において森林の林齢および植生によって土壌中の硝化速度が大きく異なることを明らかにした。さらにその硝化速度は AOA の存在量によって大きくコントロールされている可能性を示した。また、今後も窒素負荷が続くことで、 NO_3^- がさらに溶脱されやすくなることを強く示唆した。本研究が提供する手法と知見は、今後予想される窒素負荷の増大に対して、窒素循環だけでなく森林生態系全体がどのように変遷していくのかを予測する上で極めて重要であり、学術的、応用的に貢献するところは少なくない。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。