

氏 名 (本 国 籍)	八 代 裕一郎 (富山県)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 473 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 13 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	熱帯における土地利用形態の変化が亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) フラックスに与える影響
審 査 委 員 会	主査 岐阜大学 准教授 津 田 智 副査 岐阜大学 教 授 秋 山 侃 副査 静岡大学 教 授 角 張 嘉 孝 副査 信州大学 准教授 大 窪 久美子

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

近世以降の急激な人口増加と人間活動の拡大は、地球規模での物質循環に大きな影響を与えてきた。二酸化炭素 ( $CO_2$ )、メタン ( $CH_4$ ) とならぶ主要な温室効果ガスの一つである亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) は、大気中濃度が  $CO_2$  の 100 分の 1 以下であるにも関わらず、100 年間の累積効果で  $CO_2$  の約 296 倍の温室効果能を持つ。産業革命以降の温暖化寄与率は  $CO_2$  が 64%、 $CH_4$  が 20%であるのに対し、 $N_2O$  が 6%を占めている。地球規模における  $N_2O$  収支の推定に関しては精度向上が急務とされてきた。

$N_2O$  の主な放出源は土壌で、特に湿潤熱帯林土壌からの  $N_2O$  放出量が非常に大きいため、 $N_2O$  収支に関する研究は熱帯地域に焦点が当てられてきた。一方で、熱帯における土地利用変化が土壌からの  $N_2O$  放出量に大きな影響を与えることが明らかになりつつある。熱帯林伐採後の土地利用形態や管理法は多様であるため、それぞれの土地利用形態における  $N_2O$  放出量を明らかにする必要がある。

熱帯アジアの代表的な土地利用のひとつにアブラヤシ園やゴム園と言ったプランテーションが挙げられる。本研究では熱帯雨林のプランテーション化に伴い、土壌からの  $N_2O$  放出量がどのように変化するかを調査することで、東南アジア域における土地利用形態の変化が  $N_2O$  放出に与える影響を明らかにする。具体的には半島マレーシアにおいて、天然林、アブラヤシ園、ゴム園からの  $N_2O$  放出量の推定とそれらの比較を行う。また、プランテーション化に際し行われる熱帯雨林伐採が  $N_2O$  放出量に与える影響を評価し、土地利用形態の変化が  $N_2O$  放出に与える影響を包括的に明らかにする。

本研究の調査地であるパソ保護林 (北緯  $2^{\circ} 5'$ 、東経  $102^{\circ} 18'$ ) は半島マレーシアの中心に位置しており、標高は 90m、面積は約 2450ha の低地熱帯林である。アブラヤシ園やゴ

ム園は保護林周辺に位置している。本研究期間の年平均気温は 26.3°C (2002-2005 年) で、年間降雨量は 1733 mm (2003-2005 年) であった。

まず、アブラヤシ園およびゴム園の、プランテーションにおける  $N_2O$  放出量を推定し、天然林からのそれと比較した。熱帯雨林土壌からの  $N_2O$  放出速度はプランテーション土壌を常に上回っていた。また、熱帯雨林土壌からの  $N_2O$  放出速度は、土壌水分量に正比例して大きく変化する一方、プランテーション土壌ではそのような変化は見られなかった。本研究において、天然林における土壌表面の炭素・窒素量はプランテーションの 3 倍多い値を示した。アブラヤシ園やゴム園はそれぞれ、森林から転換されて 28 年および 9 年経っており、森林由来の有機物はすでに減少していたと考えられる。また、プランテーションでは、定期的にリターが管理者により除去されている。これらのことがプランテーションの土壌炭素・窒素を減少させたと推察できる。この土壌炭素・窒素の減少は、 $N_2O$  生成の基質である土壌無機態窒素 ( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ) の供給を制限し、プランテーション土壌の  $N_2O$  放出量を減少させたと考えられる。しかしながら、本研究は成熟したプランテーションのみに焦点を当てている。未成熟期のプランテーション土壌はその窒素施肥量の多さから天然林と同等の  $N_2O$  を放出し得る結果が得られた。今後未成熟期を含めたアブラヤシ園の管理サイクル全体からの  $N_2O$  放出量を把握する必要がある。

次に、パソ保護林内の択伐地において、天然林が残されている区 (天然林区) とほぼ皆伐状態にある区 (伐採区) における  $N_2O$  放出速度と環境要因を測定し、両者の比較をおこなった。伐採区における平均  $N_2O$  放出速度は天然林区に比べて大きく変動していた。また、伐採区における平均  $N_2O$  放出速度は天然林区のそれを常に大きく上回っていた。この結果は熱帯雨林の伐採処理は土壌からの  $N_2O$  放出を著しく増加させることを示している。伐採区では、天然林に比べ土壌が厚密化され、 $NO_3^-$  濃度の増加が起こっていた。これらは  $N_2O$  生成の主要因である硝化作用を活発化するものである。したがって、熱帯雨林伐採後の土壌の  $NO_3^-$  増加および圧密化が硝化作用を活発化し、 $N_2O$  放出速度を上昇させたと結論できる。本研究結果は熱帯雨林伐採が  $N_2O$  フラックスの観点からも地球温暖化を促進することを示している。熱帯において、土地利用形態の変化が  $N_2O$  収支に与える影響を評価する際、森林伐採が  $N_2O$  放出量を著しく増加させることを考慮する必要がある。

## 審 査 結 果 の 要 旨

近世以降の急激な人口増加と人間活動の拡大は、地球規模での物質循環に大きな影響を与えてきた。二酸化炭素 ( $CO_2$ ) やメタン ( $CH_4$ ) と並ぶ主要な温室効果ガスの一つである亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) は、大気中濃度が  $CO_2$  の 100 分の 1 以下であるにも関わらず、100 年間の累積効果で  $CO_2$  の約 296 倍の温室効果能を持つ。産業革命以降の温暖化への寄与率は、 $CO_2$  (64%),  $CH_4$  (20%) に続いて  $N_2O$  が 6% を占めている。地球規模における  $N_2O$  収支の推定に関しては未だ精度が低いため、その精度向上が急務とされてきた。

$N_2O$  の主な放出源は土壌で、とくに湿潤熱帯林土壌からの  $N_2O$  放出量が非常に大きいことが知られ、また、土地利用変化が土壌からの  $N_2O$  放出量に大きな影響を与えることがわかってきている。本研究は熱帯林伐採後の土地利用形態や管理法が  $N_2O$  の放出量を決定しているとの予測のもとに計画されたものである。

本研究は熱帯地域における土地利用形態の異なる場所で  $N_2O$  放出量の違いを明らかにしようとするもので、調査はマレーシア国パソ地域を中心に実施された。森林の伐採後にプランテーション化された場所としてアブラヤシ園とゴム園を調査区として設定し、それぞれの調査区において  $N_2O$  放出量を推定し、パソ保護林（天然林）からの  $N_2O$  放出量と比較している。その結果、熱帯雨林土壌からの  $N_2O$  放出速度はプランテーション土壌を常に上回っていることが明らかにされた。また、熱帯雨林土壌からの  $N_2O$  放出速度は、土壌水分量に正比例して大きく変化する一方、プランテーション土壌ではそのような変化は見られなかったとも指摘している。

アブラヤシ園やゴム園は森林から転換されてそれぞれ 28 年および 9 年経っているために森林由来の有機物がすでに減少していたこと、また管理者により定期的にリターが除去されていることなどにより、成熟したプランテーションでは土壌炭素・窒素が少なかった推定している。一方、未成熟期のプランテーションでは土壌への窒素施肥量が多いため、天然林と同等の  $N_2O$  を放出し得る結果を得ている。

伐採の影響を明らかにするために、パソ保護林内の択伐地において天然林が残されている場所（天然林区）と、皆伐状態にある場所（伐採区）において  $N_2O$  放出速度と環境要因を測定および比較をおこなっている。伐採区では天然林区に比べて平均  $N_2O$  放出速度が大きく、また変動幅も大きくなることを突き止めた。このことは熱帯雨林の伐採が、土壌からの  $N_2O$  放出を著しく増加させ、地球温暖化を促進することを示している。熱帯における  $N_2O$  収支を評価する際は、土地利用形態の違いだけでなく、その前段階の森林伐採が  $N_2O$  放出量を著しく増加させることも考慮する必要があるとの指摘をしている。

以上の研究の一部は、

- 1) Yashiro, Y., Mariko, S. & Koizumi, H. Emission of nitrous oxide through a snowpack in ten types of temperate ecosystems in Japan. *Ecological Research* (2006) 21: 776–781.
- 2) Yashiro, Y., Kadir, W. R., Adachi, M., Okuda, T. & Koizumi, H. Emission of nitrous oxide from tropical forest and plantation soils in Peninsular Malaysia. *Tropics* (2008) 17 (inpress).

の 2 編の論文として公表されている。

本研究の成果は、地球温暖化ガスのひとつである  $N_2O$  の放出に関して、土地利用形態によって放出速度が影響されるという新たな視点に立っている。そのうえで、とくに発生量の多いことが懸念される熱帯林において自然林伐採からプランテーション化にいたる全過程を通じての  $N_2O$  発生量を議論しており、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分に価値のあるものと認めた。