

(続紙 1)

京都大学	博士 (地球環境学)	氏名	NYENGERE Jabulani
論文題目	STUDIES ON SPATIAL SOIL HETEROGENEITY AND ITS INFLUENCE ON CROP RESPONSE TO FERTILIZER APPLICATION IN NORTHERN MALAWI (マラウイ北部における土壌の空間的異質性とそれが肥料施用への作物応答に及ぼす影響に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、マラウイ北部における土壌の空間的異質性と、それが肥料施用に対する作物の応答に及ぼす影響を、現地における土壌・地形調査、作物栽培試験により明らかにしようとした結果をまとめたもので、5章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、既往論文を参照しながら、作物生産や環境保全の面で、土壌の空間的異質性を考慮することの重要性を示すとともに、土壌の空間的異質性を規定し得る要因を解説している。また、化学肥料高騰のなか、エコロジカルサニテーション (衛生的に処理されたし尿の肥料利用。以下、エコサン) の可能性について説明し、その施肥効果に関する研究の現状と課題を述べ、本研究全体の目的とともに本論文の構成を示している。</p> <p>第2章では、本論文の研究対象地域としたマラウイ共和国ムジンバ県の一村 (面積52 ha) の位置、自然環境を紹介するとともに、村内3地点で試掘した土壌断面の形態的特徴および一般土壌理化学性について説明している。</p> <p>第3章では、研究対象地域における土壌の空間的異質性に関する研究成果を取りまとめている。村内115地点において深さ0~20 cmから土壌を採取し、一般理化学性を分析した。無人航空機で撮影した画像から地形データを作成し、標高や斜度といった地形情報のほか、土壌採取地点と最も近い家屋との距離を算出した。また、現地観察と聞き取り調査から現地住民による土壌肥沃度管理法を調査した。空間統計学 (Geostatistics) の手法を用いて土壌特性を解析した結果、土壌特性によって空間構造の発達程度が異なることが明らかとなった。空間構造が強く発達していた土壌特性は、土壌pH、有効態リン、全炭素、全窒素および粘土の含量であった。土壌の空間的異質性を引き起こす要因に関する統計解析から、全炭素、陽イオン交換容量、粘土含量が、標高・斜度と正に相関し、標高が高く傾斜が急な斜面は、非耕作地が多く、安定な団粒がより多く残されているためと考えられた。一方、全窒素と有効態リンの含量は、化学肥料や堆肥の施用量、家屋からの近接程度と正に相関し、土壌肥沃度管理の強度の違いが空間的異質性を引き起こす要因として示唆され、土壌特性によって、空間的異質性を規定する要因が異なることを明らかにした。</p> <p>第4章では、研究対象地域内の粘土含量が異なる3カ所の農家圃場において実施した作物栽培試験の結果を取りまとめている。処理区として、無施肥区、化学肥料区のほか、エコサンにより入手した尿施用区、大便由来堆肥施用区 (1カ所のみ) を準備し、トウモロコシを栽培した。経時的に土壌と植物を採取し、窒素含量を分析した。試験の結果、大便由来堆肥は、化学肥料と同程度の増収効果を示した。一方、尿の施肥効果は、粘土含量が多い場合には、化学肥料と同程度であるが、少ない場合には、その効果が劣っており、粘土含量による尿肥料に対する作物応答は異なっていた。尿により施用した窒素が土壌に保持されておらず、トウモロコシによる吸収量も少なくなっ</p>			

ていたことから、土壌の保水力、透水性、緩衝能が粘土含量によって異なることが尿により施用された窒素の消長に影響を与えていることが示唆され、土壌特性に応じた施用方法の重要性を明らかにした。

第5章は結論であり、各章で示された主要な成果をまとめ、土壌の空間的異質性を考慮したエコサンの適用が重要であると結論づけるとともに、さらなる研究発展の可能性について述べている。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

土壌中の養水分の挙動を規定する土壌特性は空間的に不均一であり、土壌の空間的異質性が施肥に対する作物の反応に及ぼす影響を理解することは、持続可能な作物生産において極めて重要である。土壌の空間的異質性の評価及びその規定要因に関する研究は数多くあるが、規定要因を十分に明らかにした研究は必ずしも多くなく、特に途上国での事例は著しく少ない。

アフリカの内陸国であるマラウイ共和国では、化学肥料の価格が年々大幅に上昇しており、零細農家による化学肥料の購入が難しくなっている。このような状況の下、衛生的に処理されたし尿を肥料として利用するエコジカルサニテーション (エコサン) が、経済負担だけでなく環境負荷の軽減の観点からも、化学肥料を代替し得ると考えられ、その普及が当国では進められつつあるが、土壌の空間的異質性を考慮した施用の提案には至っていない。

本論文は、マラウイ共和国北部の耕作地と非耕作地が混在する傾斜地における土壌の空間的異質性をその規定要因とともに明らかにした上で、土壌の空間的異質性を考慮したエコサン由来肥料の施用法を検討したものであり、本論文の意義は以下のとおりである。

耕作地と非耕作地がモザイク状に混在する地域において、土壌の空間的異質性を解析した結果、土壌特性ごとにその空間構造の発達程度が異なること、またその分布を地形条件あるいは土壌の肥沃度管理といった異なる要因が規定していることを明らかにした。これは、土壌特性ごとに、その変化に影響しうる要因が異なることを実証的に示したものであり、学術的に高い意義を持っている。

また、環境負荷の低減につながり得るし尿の肥料利用推進に向けて、尿施用は化学肥料並みの効果が期待できる反面、土壌の粘土含量によっては施用効率が下がることを明らかにしたことは、土壌の空間的異質性を考慮した施用法の必要性を強調し、地球環境学における意義を持っている。

さらに、社会に対するインパクトとして、近年安価に利用されつつある無人航空機により取得した地形情報が土壌特性の推定に利用可能であると示したことが、多くの設備や人材が必要な土壌分析への依存軽減につながり得ること、エコサンによるし尿由来の肥料が、高価な化学肥料を代替できる条件を明らかにしたことが、農民の経済負担軽減と地域資源の循環促進に資するものであることを挙げられる。

以上のように、本論文は、斜面地に耕地が拡大しつつあるマラウイ北部における土壌の空間的異質性とその規定要因、さらにはそれが作物の肥料施用への応答に与える影響を明らかにし、土壌の空間的異質性を考慮した肥培管理の重要性を、現在当地で普及が進められつつあるし尿由来肥料を用いて示したものであり、土壌学、地球環境学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士 (地球環境学) の学位論文として価値あるものと認める。また、2024年4月3日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、2025年4月1日までの間、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： 年 月 日以降