

学 位 論 文 題 名

Bare ground characteristics and pedo-geomorphic environments
in fixed-and non-dune areas,the Sahel,West Africa

(西アフリカ、サヘルの固定砂丘地帯と非砂丘地帯における裸地の特徴と地形・土壤環境)

学位論文内容の要旨

西アフリカ、サヘル地帯は1960年代末からの降水量の減少傾向と過度の土地利用が結びついて、土地荒廃の危険が世界で最も憂慮される地帯である。そこでは固定砂丘が帯状に広く分布し、非砂丘地帯とは異なる土壤環境が形成され、土地荒廃の発現のしかたに大きな影響を与えていると考えられる。本研究の目的は、サヘルの固定砂丘地帯と非砂丘地帯において、(1) 土地荒廃の指標である裸地の分布・タイプと、地形・土壤環境を明らかにし、裸地化を起しやす土地条件を考察すること、および、(2) 両地域の裸地の特徴を比較し、固定砂丘が裸地化におよぼす影響を考察することである。

調査地として、固定砂丘地帯のニジェール南西部（年平均降水量 550 mm）と、その南縁に位置する非砂丘地帯のブルキナファソ中部（年平均降水量 780 mm）を設定し、地形区分、土壤調査・分析を実施した。そして、異なる年次に撮影された空中写真（ニジェールサイトでは1975年と1992年、ブルキナファソサイトでは1955年と1988年）の判読により土地被覆の変化を明らかにし、裸地の拡大を定量化した。さらに、風を利用した低高度からの空中写真撮影を試み、裸地の分布パターンとその形態から裸地のタイプ分けを行い、裸地の成因を検討した。以上の結果から、裸地の分布域・タイプと地形・土壤環境を対応づけた。

ニジェールサイトの地形は平坦な台地、山麓砂丘、ベディブレイン、枯渴河川、ワジ、砂丘地形などからなる。ほぼ全域が砂質堆積物で覆われ、S~SLの土性を有する砂質土壤が分布し、土色によって、赤褐色、明赤褐色、および白色砂質土壤に細分できる。土色に関わらず、その砂質土壤の飽和透水係数は高い（ $10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/s のオーダー）。いっぽう、砂質堆積物の分布しない平坦な台地では、鉄質礫に富むHC質土壤が分布し、その飽和透水係数は砂質土壤のそれに比べ、一桁ないし二桁低い（ 10^{-4} cm/s のオーダー）。

1975年から1992年の間の土地被覆の変化の特徴として、未利用地が顕著に減少し、耕作地と裸地に富む荒廃地とが拡大したことがあげられる。荒廃地の占有率は1975年の27.1%から1992年の36.7%に増加し、裸地の占有率はそれぞれ13.7%と22.1%と見積もられた。裸地は、平坦な台地、ベディブレイン、山麓砂丘の斜面上部などに局在する。そのタイプを分布パターンと形態とをもとに、(1) タイガースッシュ型、(2) 蟻塚型、(3) 傾斜型、(4) 河岸型および(5) ネブカ型の5種類に区分することができた。前二者は、その裸地の性状から自然発生的に形成された裸地とみなせる。後の三者は、樹木の伐採跡が観察されること、1975年に耕作地であった土地が1992年には局所的に荒廃地に変化したことから、局所的に人為的な影響を受けて形成されたと考えられる。いずれの裸地においても、表面クラストが形成され、土壤表層の物理的劣化が確認された。

荒廃地の分布は(1) 台地の粘土質土壤、(2) 砂質堆積物が100 cm未満の薄い砂質土壤、

および(3)砂質堆積物の厚さに関わりなく、4%以上の傾斜を有する傾斜地、に多い。傾斜が2%未満で砂質堆積物が200 cm以上と厚い場合には、荒廃地を全く含まず、耕作地として広く利用されていた。この荒廃地の分布と砂層の厚さの関係は、植物の生育環境から次のように説明できる。砂質土壌は粘土質土壌に比べて、透水性が高いために、降水を貯水しやすく、裸地の植被の回復にとって有利である。また、砂層の厚さが薄い場合には、下層に分布する緻密な粘土質層のため、根張りの最大深さはその砂層の厚さに制限されていた。従って、浸透水が粘土質層にまで達して吸収される場合には、浸透水は非有効化してしまうことになり、降水の利用効率の観点からは不利な土壌条件と言える。このことから、薄い砂質土壌は厚い砂質土壌に比べて植物の生育環境としては不利であり、植被の回復が遅れやすいと考えられる。

ブルキナファソサイトの地形はベディブレイン、残積性ベディブレイン、ワジ、白ボルタ川の河岸平坦面、および河岸緩斜面などからなる。河岸平坦面、河岸緩斜面、およびワジ縁辺部には、CL質の土性を有する水成土壌が分布し、ベディブレインには、地形条件によって、熱帯鉄質土壌、シルト質の礫、または鉄質礫からなるレゴソルが分布する。

1955年と1988年の間の土地被覆の変化の特徴として、未利用地が減少し、耕作地が拡大すると共に裸地が局所的に拡大したことがあげられる。その裸地の占有率は、1955年の1.7%から1988年の5.9%に増加し、おもに河岸緩斜面と河岸平坦面に集中した。その分布パターンと形態から裸地を(1)蟻塚型、(2)河岸型、(3)礫質型の3種類に区分することができた。自然発生的な裸地である蟻塚型裸地は拡大していなかったが、後二者では分布域が拡大した。1955年に耕作地であった土地の一部が1988年に裸地に変化したこと、裸地で人為的な活動の証拠が多く観察されること、および聞き取り調査の結果から、これらの裸地がおもに人為的な成因であることがわかった。

裸地が拡大した地域の土壌タイプはCL質の水成土壌とシルト質礫に富むCL質土壌であり、低い飽和透水係数を有する(下層で $10^{-4} \sim 10^{-5}$ cm/s のオーダー)。一方、飽和透水係数の高い(全層 10^{-3} cm/s のオーダー)SL質からSCL質の土壌からなる地域には裸地は分布しない。また、裸地化した土壌は植被域の土壌に比べて乾燥・固結し、土壌硬度が30 mmを越えていた。裸地化すると土壌の物理性が劣化し、透水性が減少することによって、土壌を乾燥・固結しやすくしているとみなせる。さらに、土性が細粒質になるほど土壌硬度が大きくなることがわかった。したがって、土性の違いによる透水性および土壌硬度の違いが、裸地の分布と関連していると考えられる。

両地域の裸地化の特徴の違いは、固定砂丘地帯では、人為的および自然発生的な裸地が拡大したのに対し、非砂丘地帯では、おもに人為的な裸地のみが拡大したことである。前者は、もともと年降水量が少なく、植被量も少ないために、降水のインパクトに対して植被による土壌表面の保護が不十分な気候条件である。これに対して、後者は、年降水量が比較的多く、植被量も多くなるため、地表面が十分保護される気候条件である。この気候条件の違いが、裸地化の進行の違いに明瞭に反映したものと考えられる。

半乾燥地帯においては、透水性は降水の土壌中への貯留の観点から重要であり、土壌硬度は植物の根の伸長のしやすさの観点から重要である。この二つの要因から、砂質土壌は、粘土質土壌に比べて裸地化が起こりにくいとみなすことができる。このことから、人為的にも、自然発生的にも裸地化が起こりやすい気候条件にある固定砂丘地帯において、特に、厚い砂質堆積物の存在が裸地の拡大を抑え、農耕を可能にしているが明らかになった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 小 野 有 五
副 査 教 授 平 川 一 臣
副 査 教 授 波多野 隆 介 (農学部)
副 査 助教授 渡 辺 悌 二

学 位 論 文 題 名

Bare ground characteristics and pedo-geomorphic environments in fixed-and non-dune areas,the Sahel,West Africa

(西アフリカ、サヘルの固定砂丘地帯と非砂丘地帯における裸地の特徴と地形・土壤環境)

本研究は、西アフリカ、サヘルの固定砂丘地帯と非砂丘地帯において、裸地の分布を指標として、砂漠化の進行過程を比較したものである。そのために、30のトランセクトを設定し、計200地点で詳細な地形・土壤調査を行った。これらの現地調査と空中写真判読から地形単位、土壤単位の区分を行い、裸地の分布との対応を明らかにしている。さらに、異なる年次に撮影された空中写真の判読から、裸地の拡大を定量化するとともに、風を用いて低高度からの空中写真の撮影を試み、これらの写真を用いて裸地のタイプ分けを行なった。このカイトフォトと空中写真、および地上調査を組み合わせたアプローチは、今までに例がない独自の手法として高く評価される。

本論文は七章からなる。第一章で、研究の背景と目的を述べ、第二章で対象地域の概要、第三章で研究方法を述べている。

第四章では、固定砂丘地帯のニジェールサイト (年平均降水量: 550 mm) の事例について、その結果が詳細に記述されている。地形は平坦な台地、山麓砂丘、ペディン、枯渇河川、ワジ、砂丘地形などからなる。そして、土壤は砂質堆積物を母材とする砂質土壤と、平坦な台地の粘土質土壤からなることを示した。裸地に富む荒廃地の占有率は1975年の27.1%から1992年の36.7%に上昇し、調査地内の裸地の占有率はそれぞれ13.7%と22.1%であった。その裸地のタイプを分布パターンと形態とをもとに、(1) タイガーブッシュ型、(2) 蟻塚型、(3) 斜面型、(4) 河岸型および(5) ネブカ型の5種類に区分している。前二者は、その裸地の性状から自然発生的に形成され、後の三者は、局所的に人為的な影響を受けて形成されたとみなしている。これらの裸地の分布は地形の傾斜、土壤の土性、および砂層の厚さに左右されていることが明らかにされた。そし

て、砂質土壤は粘土質土壤に比べて、透水性が高いために、降水を貯水しやすく、裸地の植被の回復にとって有利であると説明している。また、砂層の厚さが薄い場合には、根張りの最大深さはその砂層の厚さに制限されるため、降水の利用効率の観点からは不利な土壤条件となるとみなしている。

第五章では、非砂丘地帯のブルキナファソサイト（年平均降水量：780 mm）の事例について、その結果を詳細に記述している。地形はペディプレイン、残積性ペディプレイン、ワジ、白ボルタ川の河岸平坦面、および河岸緩斜面などからなる。河岸平坦面、河岸緩斜面、およびワジ縁辺部には、CL質の土性を有する水成土壤が分布し、ペディプレインには、地形条件によって、熱帯鉄質土壤、シルト質の礫、または鉄質礫からなるレゴソルが分布することを示した。調査地内の裸地の占有率は、1955年の1.7%から1988年の5.9%に上昇し、裸地はおもに河岸緩斜面と河岸平坦面に集中した。その分布パターンと形態から裸地を（1）蟻塚型、（2）河岸型、（3）砂礫地型の3種類に区分している。自然発生的な裸地である蟻塚型裸地は拡大していなかったが、後二者では分布域が拡大した。拡大したこれらの裸地はおもに人為的な成因而あることが明らかにされた。裸地が拡大した地域の土壤タイプはCL質の水成土壤とシルト質礫に富むCL質土壤であり、砂質土壤には分布していないことが明らかにされた。このように、土性が裸地の分布を左右する理由として、透水性および土壤硬度を支配し、植被の回復しやすさに影響をおよぼすためであるとしている。

第六章では、裸地の分布とその成因而について、両地域を比較して総合考察を行っている。両地域の裸地化の特徴の違いは、固定砂丘地帯では、人為的および自然発生的な裸地が拡大したのに対し、非砂丘地帯では、おもに人為的な裸地のみが拡大したことである。このことについて、両地域の降水条件の違いが、裸地化の進行の違いに明瞭に反映していると説明している。半乾燥地帯においては、透水性と土壤硬度から考えると、砂質土壤は、粘土質土壤に比べて裸地化が起こりにくいとみなすことができる。従って、人為的にも、自然発生的にも裸地化が起こりやすい気候条件にある固定砂丘地帯では、固定砂丘がもたらした厚い砂質堆積物の存在が裸地の拡大を抑えていることが明らかになった。これは、本研究で新たに得られた重要な成果である。

七章では研究成果をまとめて結論を述べている。

以上のように、砂漠化の進行過程を、グラウンドトゥールースに基づいて、具体的に明らかにした本研究の成果は、今後の砂漠化のモニタリングとその防止に資することが期待される。審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽や既得単位なども併せ申請者が博士（地球環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。