

研究成果報告書

財団法人 国土地理協会 平成 24 年度学術研究助成

西アフリカ・サヘル帯における砂漠化問題と在来知識にもとづいた 新しい砂漠化防止対策の検討

大山 修一 (京都大学 大学院 アジア・アフリカ地域研究研究科)

桐越 仁美 (京都大学 大学院 アジア・アフリカ地域研究研究科)

イブラヒム・マンマン (ニジェール国立気象局)

Academic Research Report for Grant of Japan Data Center (FY2012)

Land Degradation Problem and Indigenous Knowledge Based Approaches
for Anti-Desertification in Sahel Region of West Africa

Shuichi Oyama (Graduate School of Asian and African Area Studies, Kyoto University)

Hitomi Kirikoshi (Graduate School of Asian and African Area Studies, Kyoto University)

Ibrahim Mamman (Direction de la Météorologie Nationale)

I. はじめに

アフリカ大陸の北部に広がるサハラ砂漠の南縁には、サヘル地域と呼ばれる広大な地域がひろがり、セネガルやモーリタニア、ブルキナファソ、マリ、ニジェール、チャド、スーダンといった国々が存在する。このサヘル地域は、1960年代後半以降にみられる降水量の減少にともなう干ばつの発生、作物の収穫量に大きな影響を与える不安定な降水、貧栄養土壌や強度の強い水食・風食といった厳しい自然条件を有する(若月, 1997; Giannini et al., 2008)。こういった自然条件に、耕作地の拡大や家畜頭数の増加、薪の採取といった人為インパクト、人口の増加や高い人口密度も組み合わさって、今日にいたるまで、自然環境の荒廃現象である砂漠化が進行している(門村, 1992; UNEP, 1992; 大山, 2010 など)。

サヘル諸国の統計資料をみると、国家経済や国民生活は非常に厳しい状況にある。多くの国々では人口増加率が高く、セネガルでは年率 2.4%、マリでは 3.3%、ブルキナファソでは 2.8%、ニジェールでは 3.7%の割合で人口が増加している。これらの人口増加率はセネガルでは 31 年、マリでは 23 年、ブルキナファソでは 27 年、ニジェールにいたっては 20 年で人口が 2 倍に増加するペースである。ニジェールの特殊出生率、つまり 1 人の女性が生涯に産む子供の数は 7.4 である。

筆者のひとり、大山がニジェールで現地調査に着手した 2000 年時点のニジェールの人口は 1092 万だったが、2010 年には 1551 万に増加し、国連推計(UN world population prospects, 2011)では、2055 年には 7039 万、2075 年には 1 億 1640 万にまで増加すると予想されている。ちかい将来、人口の増加に起因する食料不足の問題、砂漠化をはじめとする環境問題、資源やエネルギーの分配問題など、多くの問題が起きることが危惧されている。

世界銀行が発行する『African Development Indicators 2007』において、乳幼児の栄養失調はセネガルで 23% (2000 年)、モーリタニアで 32% (2001 年)、マリで 33% (2001 年)、ブルキナファソで 38% (2003 年)、ニジェールで 40% (2000 年) という厳しいデータが掲載されている。この乳幼児の栄養失調の比率は毎年、干ばつの厳しさによって変動する。

2012 年は、前年度の干ばつの影響もあって、ニジェールでは 550 万人が飢餓の危険に直面しており、国連食糧計画(World Food Programme)は緊急援助として 8 億ドルが必要だと国際社会に訴えてきた。2012 年の 6 月から 9 月にかけての雨季には、前年度とは逆に、大雨が降り、ニジェール川の洪水と氾濫、耕作地の侵食、作物収量の低下、家屋の損壊によって、住民の生活は非常に厳しい状態となっている。

サヘル地域は、2013 年現在、政治的にも不安定な情勢となっている。サヘル地域では「イスラム・マグリブ諸国のアル・カイダ(AQIM)」が活動し、マリ共和国の北部を支配下におさめ、その活動の拠点となっている。2013 年 1 月には、フランス軍によるマリ北部への空爆がおこなわれ、AQIM 側とマリ政府軍、ECOWAS(西アフリカ諸国経済共同体)の軍隊とのあいだで激しい戦闘がつづけられている。AQIM 以外にも、ナイジェリア北部でテロ活動をおこなうボコ・ハラムにおいても、その活動の中心は貧困に苦しむ若者たちだとされている。高い人口増加率のもとで、住民による食糧生産と生活を安定させていくことは、地域の政治・経済の安定にとっても重要であり、解決すべき問題となっている。

ニジェール共和国は、国土の 3 分の 2 を砂漠が占めており、南部全域が降水量 500 mm 以下のサヘル帯に属している。農耕は南部に限られるが、近年には耕作地の拡大や燃料確保のために樹木の伐採が増加し、各地で土地荒廃が深刻化している。農村では砂漠化による耕作地の減少や土地生産力の低下に加え、

人口増加にともなう耕作地の細分化により個人の保有する土地が縮小しており、住民は作物生産量の減少、食料不足といった問題に直面している(Oyama, 2009)。

サヘル諸国では、大きく変動する降水量、干ばつの発生、貧栄養土壌という厳しい自然環境のなかで、農業や牧畜業の生産性を上げ、産業を育成し、増加しつづける人口を養わなければならないという重い課題が存在し、その対策が緊急の課題となっている。各国政府は、1973年と1974年の干ばつ以降、国際機関や外国からの支援を受けながら、砂漠化、つまり土地や土壌の荒廃の問題に取り組んでいる。ヨーロッパ連合(EU)と国連食糧農業機関(FAO)は、サヘル砂漠化に対処するため、「サハラ・サヘル地域のグリーンウォール(緑の壁)プロジェクト」を立ち上げ、2011年11月にサヘル諸国と北アフリカの緑化に対して、175万ユーロの資金提供を約束している(Europafrika.net, 2011)。

国際レベルでの砂漠化防止対策の行動が1970年代に開始されたが、対策の進行や効果は芳しくなく、干ばつを契機とした砂漠化とそれに関連する諸問題は幾度となく現れているという報告(門村, 1988, 1998)のほか、現在の砂漠化防止対策は高価な資材、多大なエネルギーと資金を必要とするような技術開発をめざすものが多いという指摘もある(久馬 2001)。

また、アフリカにおける土壌への化学肥料の使用には多大な費用が必要となるため、小規模な耕作をおこなっている農家には手が出せないのが現状であり、政府はその年の天候に合わせた迅速な化学肥料の供給を実現できていない(Shapiro and Sanders, 1997)。近年、アフリカの土壌肥沃度の回復への樹木の利用が見直されており、マメ科の窒素固定能力の活用や、樹木に蓄えられた養分の土壌への還元といった試みが、研究者と現地の耕作者との協力のもと、東アフリカや南部アフリカを中心におこなわれている(Ajayi et al., 2011; Sanchez, 2011)。また、サヘル地域に居住するハウサの人々は、屋敷地に蓄積する作物残渣や家畜の糞、飼料の食べ残しなどを、積極的に耕作地に還元し、作物の生産性を維持し、改善に努めている(大山・近藤, 2005; 大山ら, 2010)。

土壌の栄養状態の回復に樹木や、農村や都市に蓄積している有機物のゴミを利用することは、費用をかけず、耕作に携わることが可能な人手があれば、多くの住民にも可能な方法であるといえる。また、現地の人々のもつ環境認識、在来の知識や技術に焦点をあてることで、これまでの砂漠化防止策、荒廃地の修復技術をみなおし、今後の対策や荒廃地の修復をめざす糸口を見出すことができるだろう。

サヘル帯における耕作地内で生じる砂漠化の過程を明らかにし、それに対する住民の対処方法を検討し、在来知識にもとづいた新しい砂漠化防止対策を考案することは、生物生産量の向上や住民生活の向上を考えるうえで重要な意味をもつと考えられる。本研究課題では、砂漠化の問題が深刻になっている西アフリカ・ニジェール共和国の中南部において、住民である農耕民ハウサの実践する(1)樹木を利用した砂漠化防止策と、(2)都市の生ゴミを利用した荒廃地の修復実践を検証し、土壌や環境に対する物理的・化学的な効果を定量的に明らかにすることを目的とする。

II. 調査地概要

調査は、西アフリカ・ニジェール共和国の首都ニアメより東方約250 kmに位置するドソン州ドッチ県に位置するD村(北緯13° 35' 31"、東経4° 04' 27")において実施した(図1)。調査地では、天水依存の農耕が営まれており、少雨による干ばつのほか、多雨による作物収穫量の減少も報告されている(大

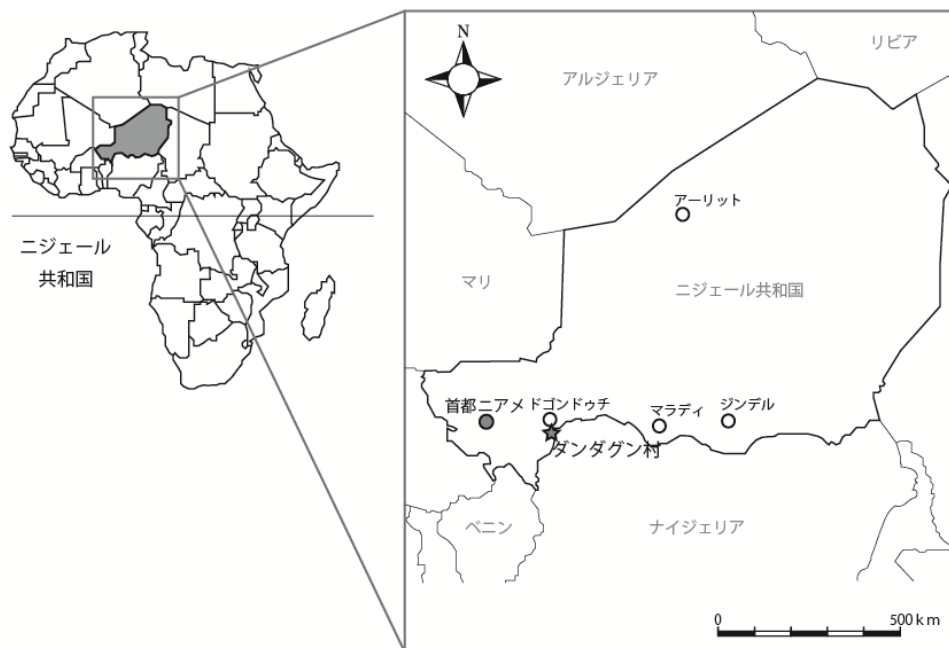


図1 調査村の位置

山, 2010)。調査地では、1970年代と1980年代に厳しい干ばつを経験しており、その時の困難な状況が住民によりつけられた干ばつの名称に表れている(表1)。

ニジェール中南部には固定砂丘が広がっている。地形は台地、山麓砂丘、ペディメント、ペディメントから河岸平坦面に至る斜面、河岸平坦面(ペディプレーン)、谷地形、砂丘、およびインゼルベルグ(孤立残丘)の8種類からなる(南雲, 1995)。ペディメントとは、乾燥気候下で発生した面伏流による削剝で山地の縁に形成された平滑斜面のことをさす(鹿島, 2009)。調査地のD村においては、村の東方にインゼルベルグがみられ、インゼルベルグの縁から、ペディメントが緩やかな傾斜を形成して村の集落にいたる(図2; 写真1)。ペディメントの範囲では、赤褐色の堆積岩が地表面に露出している。村から西では砂質土壌の堆積がみられ、この砂質土壌の分布域に耕作地が一面に広がっている。調査地では、北東からの卓越風による風食、東方からもたらされる強度の強い降雨による水食が著しく、調査地周辺では植生の後退や土地荒廃は東方から進行しており、耕作が可能となる砂質土壌の分布域は西に偏っている。

調査村の人口は、2000年の時点では41世帯、280人だったが、10年後の2010年には59世帯、390人と増加している。そのうち、10歳未満の子どもの人口が多く、典型的な多産少死型の人口構造を示し、急速に人口増加がすすんでいるといえる。多くの住民の民族はハウサであり、主な生業は農耕と補助的な牧畜である。村びとは主食となるトウジンビエ(*Pennisetum glaucum*)とササゲ(*Vigna unguiculata*)を栽培しており、村の周囲にはトウジンビエとササゲの混作畑が広がっている。村びとは農耕、牧畜を生業としているが、乾季には青壮年の男性は都市に出稼ぎに行き、ビスケットやフルーツの販売、機械の修理などの副業によって現金収入を得て、不足する食料をおぎなうこともある。そのほか、トゥアレグとフルベの牧畜民がそれぞれ1世帯ずつ居住している。村びとのほぼ全員がイスラム教徒であり、朝と夕方には村のモスクで礼拝をおこなっている。

表1 干ばつの発生年とハウサ語の名称が表す当時の状況

干ばつ発生年	住民によりつけられた干ばつの名称	当時の状況
1972～73年	<i>Garin rogo</i> (キャッサバの粉)	食料がなく、最後はキャッサバの粉で飢えを凌いだ
1981年, 1984～85年	<i>Mai zobe</i> (指輪)	まるで干ばつのリングでくられたように、西アフリカ全土が飢えに苦しめられた
1987年, 1989年	<i>Kanchi kalagi</i> (食料を求める人)	干ばつの厳しさから、食料を求める人が各地で大量に発生した
1993年, 1995年	<i>Nyuwa mayahi</i> (スカーフの飢餓)	物乞いする人たちから食料を守るために、スカーフで食料を隠した

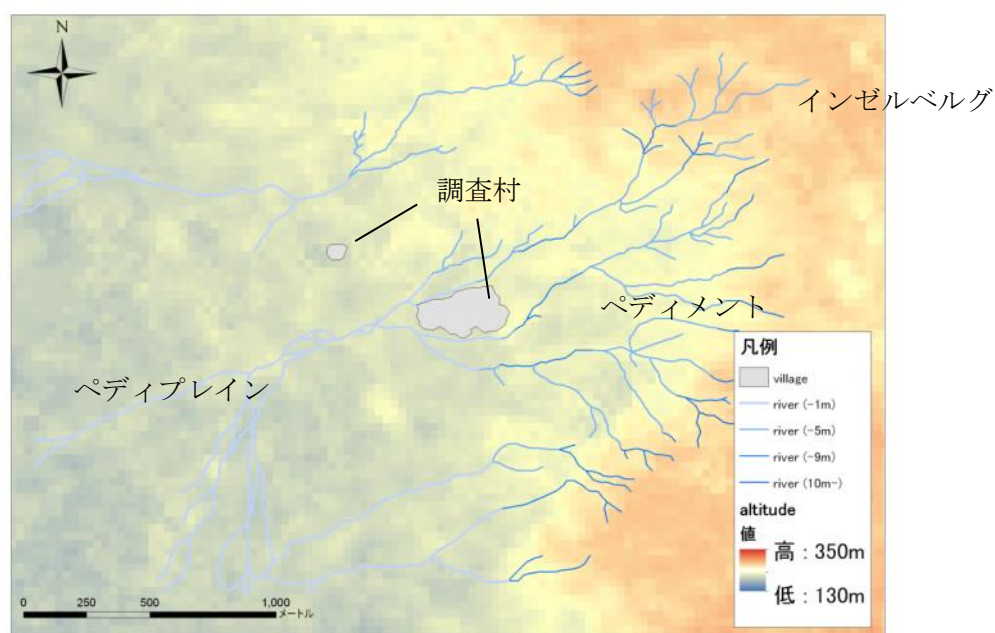


図2 調査村周辺の標高の変化



図3 インゼルベルグとペディメントの緩斜面：
村の東側は侵食が激しく、堆積岩が露出する。

人口増加により、村周辺の耕作地は細分化され、各世帯では作物生産量の減少という問題に直面している。調査村では経済的な格差がみられる(大山, 2012)。その格差は、トウジンビエの収穫量や、耕作地の保有面積や家畜の飼養頭数、耕作地への化学肥料の投入や日常的な手入れといった農業生産に対する投資などに表れており、作物生産量の低下とそれともなう食料不足は、全ての世帯において生じているわけではない。

Ⅲ. 調査方法

本研究では、研究者が現地の調査村に住み込むことで調査を実施した。本研究では主に、(1)住民の土地荒廃に関する環境認識、(2)植生調査と樹木の樹形に関する住民の認識、(3)樹木を利用した住民の砂漠化防止対策、(4)都市の生ゴミを利用した荒廃地の修復技術について明らかにした。

(1)住民の土地荒廃に関する環境認識

土地荒廃に対する住民から聞き取り、荒廃する土地の段階におうじて、住民とともに土壌断面を観察し、土壌性状とその住民の土壌区分について調査した。

(2)植生調査と樹木の樹形に関する住民の認識

樹木調査は、調査村の周辺、約東西 2 km×南北 1.5 km の範囲でおこなった。この範囲は、村の東側のペディメントから、西側の耕作地に該当する。調査範囲内の耕作地においては、各個体の樹種と分布の調査に加えて、樹高、胸高直径(DBH)、枝下までの高さ、幹の本数を測定した。

(3)樹木を利用した住民の砂漠化防止対策

樹種ごとの樹木の利用用途と、耕作地内における樹木の利用、その用益権について聞き取り調査をおこなった。参与観察は、村での住み込み調査のなかで、農作業や家畜飼養、料理、家事といった人々の生活全般におよんだ。

(4)都市の生ゴミを利用した荒廃地の修復技術

人々が荒廃地の修復に都市ゴミを投入していることから、その緑化効果を明らかにするために、筆者らが村びとの協力を得ながら、圃場実験を実施している。2008年8月に南北に45m、東西に50mの大きさの圃場を設置し、幅4m、長さ30mのプロットを設けた。2008年11月に各プロットに、都市のゴミを搬入した。プロット1ではゴミを投入せず、荒廃地の対照区としておき、プロット2では5kg/m²(600kg)、プロット3では10kg/m²(1,200kg)、プロット4では20kg/m²(2,400kg)、プロット5では45kg/m²(5,400kg)のゴミを投入した。2012年まで、毎年(2009年、2010年、2011年、2012年)11月に圃場の環境計測、生育してきた植物の量を計測している。

Ⅳ. 住民による土地荒廃の認識

休閒地の消失と一人の所有する耕作地面積の減少により、住民は限られた耕作地内でいかに生産性を高めるかという課題に直面している。住民は耕作地の状態をカサ(*kasa*)、レソ(*leso*)、フォコ(*foko*)の3種類に分類する(大山ら, 2010)。カサは生産力のある土地、レソは土地荒廃の初期段階で生産力の落ちた土



図4 土壌の劣化：トウジンビエ畑における土壌劣化の初期段階のレソ(写真手前)



図5 土壌劣化の最終段階 フォコ

地(図4)、フォコは土地荒廃が進行し、固結した堆積岩が露出し、耕作が不可能な土地である(図5)。

「カサ」と呼ばれる場所は、表層に黒っぽい色をした有機物まじりの砂土が堆積し、そのなかには「シロアリの砂」が混在する状態だと説明される(図6)。「シロアリの砂」は、シロアリが自らの唾液を土壌の粒子にまじえて餌となる植物体を取り囲むように作ったシェルターの土壌粒子に由来し、ゆるやかな団粒構造をもっている。シロアリが巣穴を作る際、唾液や排泄物を添加して、土壌粒子をつなぎあわせることはよく知られている(Lee and Wood, 1971)。

これに対して、表層に白っぽい目の粗い砂が堆積した場所は「レソ」と呼ばれる。レソとは、土壌表層に砂の含有量が多く、粘土やシルトが少ない状態である。この砂は白色、またはにぶい橙色を呈する。観察によると、レソの土壌断面には、深さ0~4cmに有機物をほとんど含まない乾燥した淡橙色(5YR 8/4)の砂土が堆積する(図5)。そして、赤褐色土壌の固結層が地表面に露出した場所はフォコと呼ばれる。フォコの土壌表層は乾燥すると、非常に硬く、それを壊すにはツルハシによる鋭い打撃が必要なほどで

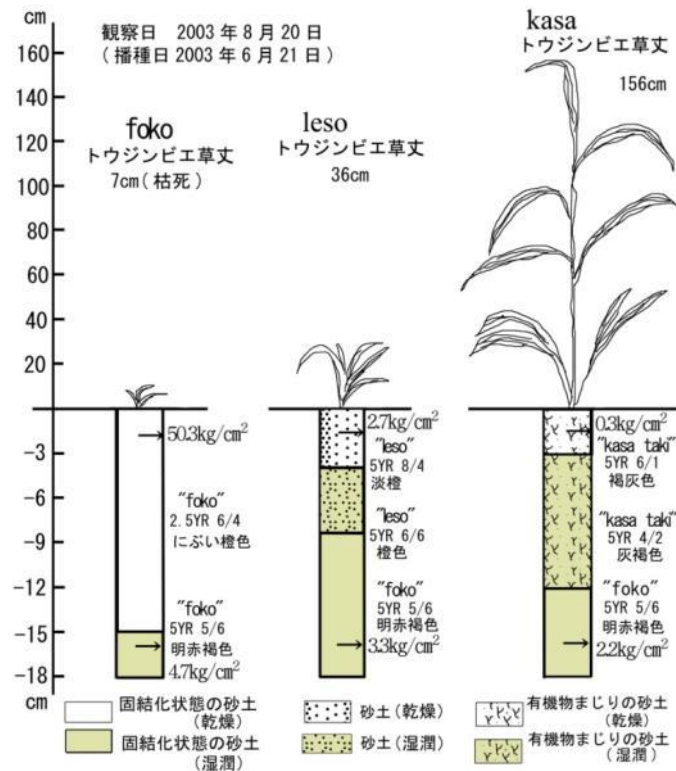


図6 土壤劣化と土壤断面 (大山ら,2010 より)

ある。フォコにおけるトウジンビエの生育は非常に悪く、出穂にはいたらず、枯死することが多い(図5)。

住民にとって、限られた耕作地のなかでフォコやレソを減らし、カサの面積を増やすことが生産性の向上につながる。耕作地の生産性を改善するための方策として、耕作地への肥やしの投入や牧畜民フルベとの野営契約がおこなわれており、近年ではアメリカの援助で供給される化学肥料の投入などもあげられる。また、耕作地の生産性を改善させるための工夫として、村びとによる樹木の利用・管理があげられる。

V. 樹木を利用した砂漠化防止対策

1) ハウサの人びとによる樹形に関する分類

聞き取り調査により、住民は樹木の樹形を目視で判断して4種類に分類し、それぞれの樹形に異なる機能を期待していることが確認された(桐越, 2012)。住民は樹形をマヤンチ(*mayanchi*)、マタシ(*matashi*)、ラブ(*rabu*)、バラウ(*barau*)の4種類に分類している(図7)。住民の分類する4つの樹形について、樹木調査に同行した住民が語るその特徴は表2のようになる。マヤンチは、樹高が約3m程度で1本もしくは2本の幹をもつ樹木であり、マタシは下方の枝が剪定された小さな樹木、ラブは樹齢が一年以下で剪定されていない樹木、バラウは樹齢が2年以上で剪定されていない樹木と認識されている。本研究では、住民による樹形の分類を参考に、便宜的に樹形を分類した(表2)。

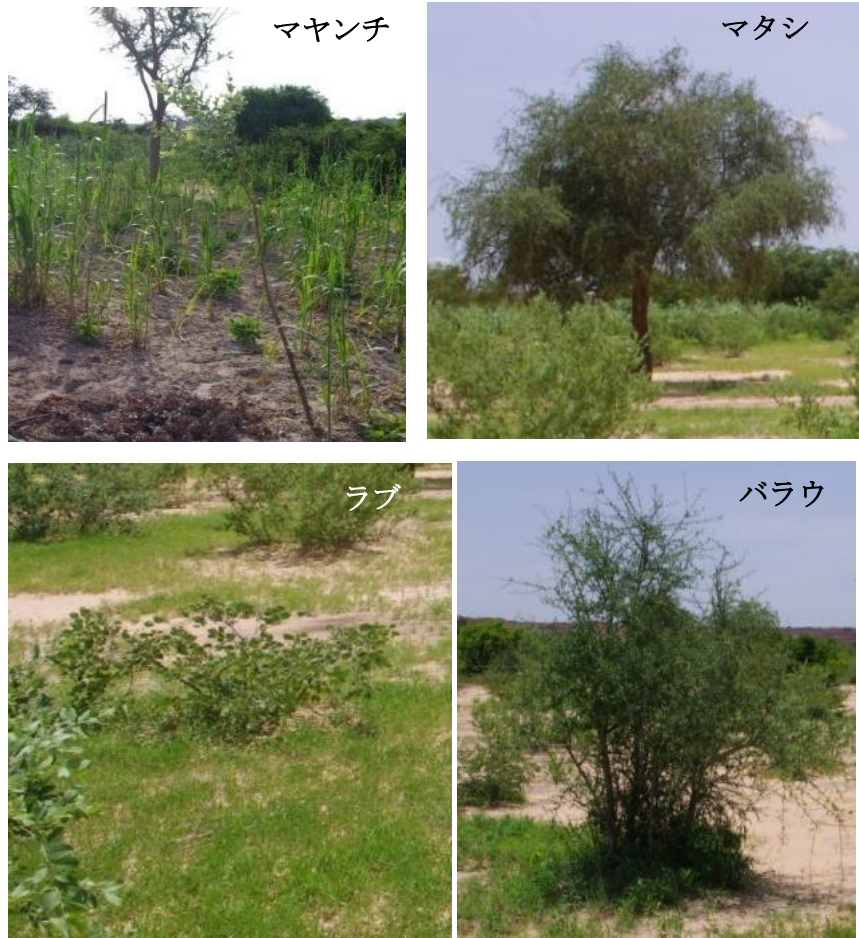


図7 ハウサによる樹形の分類

マヤンチ：樹高が約3mで1本もしくは2本の幹をもつ樹木、マタシ：下方の枝が剪定された小さな樹木、ラブ：樹齢1年以下の剪定されていない樹木、バラウ：樹齢2年以上の剪定されていない樹木)

表2 住民の認識する樹形と本研究における分類方法

樹形	住民の語る特徴	本研究における分類方法
マヤンチ	樹高が約3m程度で1本もしくは2本の幹をもつ樹木	樹高:2.5m以上 胸高直径:5cm以上
マタシ	下方の枝が剪定された小さな樹木	樹高:2.5m未満 胸高直径:5cm未満 枝下までの高さ:0より大きい
ラブ	樹齢が1年以下であり, 剪定されていない樹木	樹高:150cm未満 枝下までの高さ:0cm
バラウ	樹齢が2年以上であり, 剪定されていない樹木	樹高:150cm以上 枝下までの高さ:0cm 枝の本数:3本以上

2) 耕作地における樹木の利用と管理

調査地において、ハウサの人びとは耕作地内の樹木を頻繁に利用している。樹木利用の体系は樹木を切り出して利用するものに限らず、意図的に残すことで、耕作地内の木陰の確保、家畜の飼料や救荒食料の入手、土壌の侵食と土地荒廃の防止をおこなっている。住民は、みずからの世帯の生計を維持することをかんがえ、耕作地内の樹木を利用して、作物の生産性の向上を図っている。生計維持のための樹木管理として、砂質土壌の後退や土壌の劣化がみられる場所では飛砂のキャッチに適したかたちで耕作地内に残すという方法があげられる。その際に必要な樹形は、マタシやラブである。

耕作地に残す樹木の存在は、耕作地を保有する世帯にとっては、みずからの世帯の作物生産の最大化を阻害する要因となる。とくに日光や雨をさえぎり、トウジンビエの生育の妨げとなるマヤンチの存在は、作物生産の向上を妨害するものである。しかし、住民は家畜の飼料や救荒食料として利用できる樹木を意図的に耕作地に残し、マヤンチにまで成長させる。村内の富裕層や、1970年代、1980年代の干ばつの経験者が積極的にマヤンチを残す傾向がある。

住民の主体的な樹木の利用と樹形の管理によって、効果的な土壌性状を維持・改善することが可能であり、サヘル帯では、在来の知識と実践を巧みに利用した、野生樹木の管理による生物多様性や植生の回復がみられる。また本研究では、耕作地内の樹木を生長させることにより、干ばつが生じた際に葉や果実を救荒食に利用し、飢饉時のライフラインを確保している可能性が示唆された。

VI. 都市の生ゴミを利用した荒廃地の修復

本章では、都市や農村における有機物のゴミを利用して、土壌を改善し、荒廃地を修復する人々の営みに着目し、圃場実験を通じたゴミ投入による緑化効果を検証し、在来知識や技術による荒廃地の修復、植物生産力の改善をみていこう。

1)再生する植物とそのバイオマス

都市ゴミを投入しなかったプロット 1(図 8)では、荒廃地のまま、3 年間が経過し、草本の生育はなかった。600 kg (5 kg/m²)のゴミを投入したプロット 2(図 9)では、1 年後には 16 種、310g(2.6 g/m²)の植物が生育した。優占した草本種は *Amaranthus* spp. (96 g)、*Borreria radiata* と *B. stachydea* (79 g)、トウジンビエ *Pennisetum glaucum* (46 g)であった。生育してきた植物種の多くは、家畜による嗜好性の高い飼料となる種であった。2 年後には生育してきた植物種は 4 種 34g に減少し、*Digitaria longiflora* (15 g)や *B. radiata* と *B. stachydea* (8 g)、*Zornia glochidiata* (7 g)が わずかに生育した。3 年後には、まったく植物の生育は認められなかった。

1,200kg (10 kg/m²)の都市ゴミを投入したプロット 3(図 10)では、1 年後には 16 種、4,003g の植物が生育した。優占した草本種は、トウジンビエ(2,893g)、*Jacquemontia tamnifolia* (610 g)、*Amaranthus* spp.(188 g)であった。ゴミからトウジンビエが多く生育するのは、脱穀後のトウジンビエの残渣のなかに、種子が多く含まれていたことに由来する。2 年後には、12 種、1,002g の植物種が生育し、その植物の生育量は顕著に減少した。3 年後には、3 種、535g の植物が生育し、その 3 種は、*Z. glochidiata* (443 g)、*D. longiflora* (70 g)、*Balanites aegyptiaca* (22 g)であった。*B. aegyptiaca* は 1 年後、2 年後には生育しなかった種子が発

芽し、新たに生育した。

2,400kg (20 kg/m²)の都市ゴミを投入したプロット4(図 11)では、多くの植物種が生育した。1年後には、35種、59,547gの植物が生育した。優占する主要種は、トウジンビエ(51,086g)、*Hibiscus sabdariffa* (2,706g)、*B.radiata* と *B. stachydea* (1,993g)であった。トウジンビエの生育重量は全生育重量の86%を占めた。2年

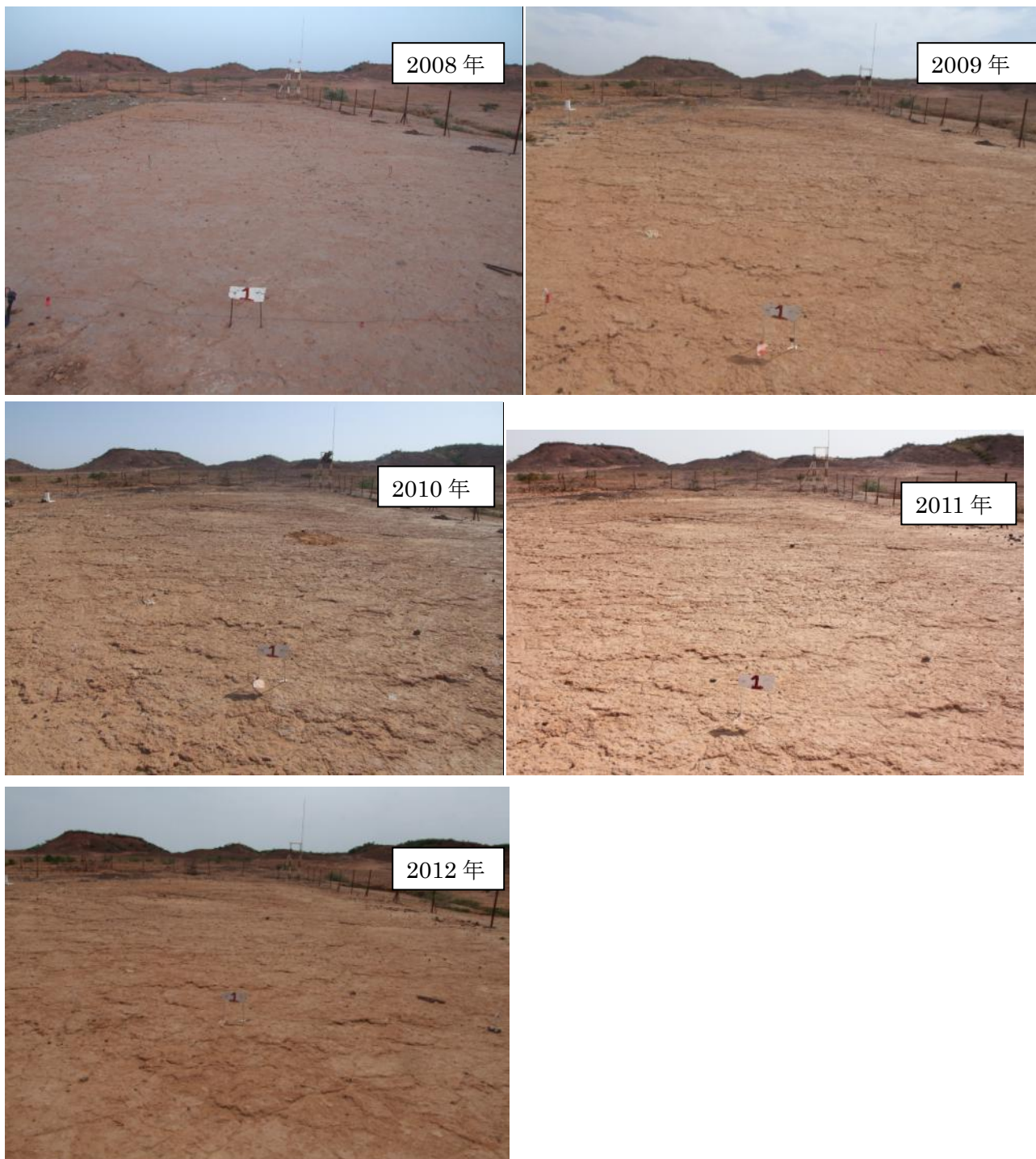


図8 プロット1(対照区)における圃場の変化(ゴミの投入量0 kg/m²)

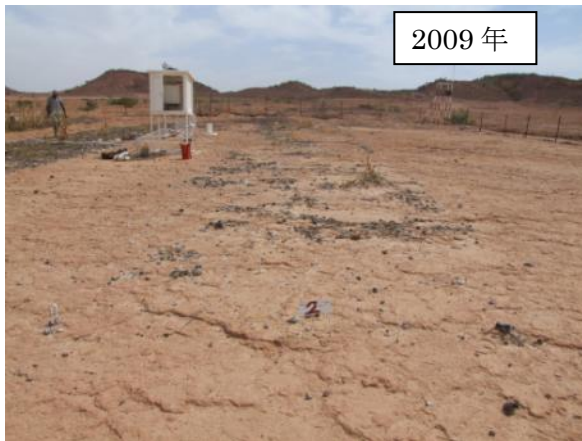


図9 プロット2におけるゴミ投入後の圃場の変化(ゴミの量 5kg/m^2)

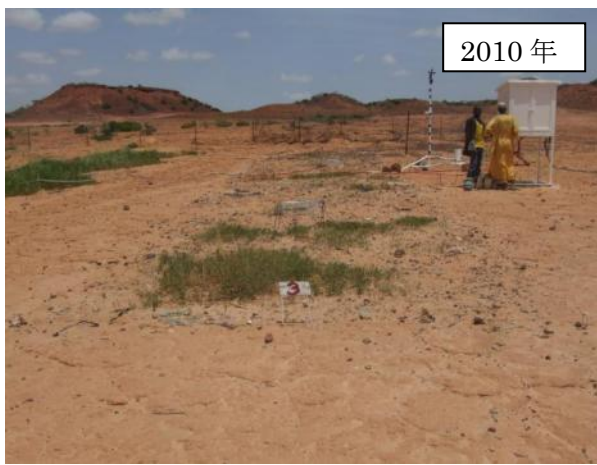


図 10 プロット 3 におけるゴミ投入後の圃場の変化(ゴミの量 10 kg/m²)



図 11 プロット 4 におけるゴミ投入後の圃場の変化(ゴミの量 20 kg/m²)

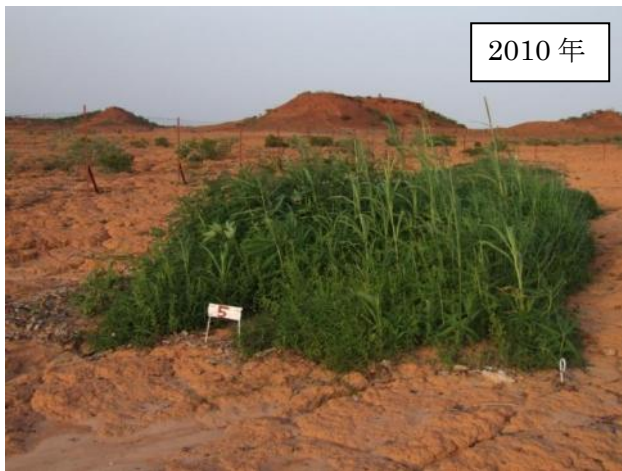


図 12 プロット 5 におけるゴミ投入後の圃場の変化(ゴミの量 45 kg/m²)

後には、17種、37,903gの植物種が生育した。トウジンビエの生育重量は220g(1%)に減少した。3年後には16種、15,674gの植物種が生育した。優占する主要な種は*B. radiata*と*B. stachydea* (8,571 g)、*Schizachyrium exile* (2,775 g)、*I. priureana* (2,082 g)であった。プロット4に生育した植物種の多くは、家畜による嗜好性の高い種が多かった。

5,400kg (45 kg/m²) の都市ゴミを投入したプロット5(図12)では、1年後に17種、43,847gの植物が生育した。優占する主要種はトウジンビエ(41,957 g)、*S. exile* (612 g)、*B. radiata*と*B. stachydea* (457 g)であった。トウジンビエの生育重量は、全生育重量の96%を占めた。2年後には18種、10,800gの植物が生育した。トウジンビエの生育重量は775g (7%)に減少した。優占する主要な植物種は、*I. priureana* (4,450 g)、*B. radiata*と*B. stachydea* (1,542 g)、*S. exile* (1,005 g)であった。3年後には、13種、9,099gの植物が生育した。優占する種は、*I. priureana* (2,533 g)、*B. radiata*と*B. stachydea* (2,375 g)、*S. exile* (1,434 g)。プロット4と同様に、トウジンビエは3年後には生育しなかった。

都市の生ゴミから生育してきた植物種の多くは、人間が利用する植物種や家畜による嗜好性の高い種が多かった。フルベの牧畜民やハウサの農耕民に、草本の生育について聞き取りをしてみると、家畜の放牧地としては、プロット2やプロット3では草本の生育は十分ではなく、プロット4とプロット5では十分だという評価であり、放牧地を造成するためには、都市ゴミ20kg/m²の投入量が目安となることが示された。

2)変化する土壌の性状

ゴミの投入前である2008年11月、プロット1(荒廃地)の断面には、深さ0~30cmに有機物を含まないにぶい橙色(7.5YR 7/4)の砂土が緻密に堆積していた。絶対硬度は表面5cmで48.0kg/cm²、15cm深で40.0kg/cm²、30cm深で42.0kg/cm²であり、非常に固結しており、極密に分類された(図13)。荒廃地を構成しているのは堆積岩であり、ハウサ語では*foko raka*という名称で分類された。湿潤状態ではそれほど

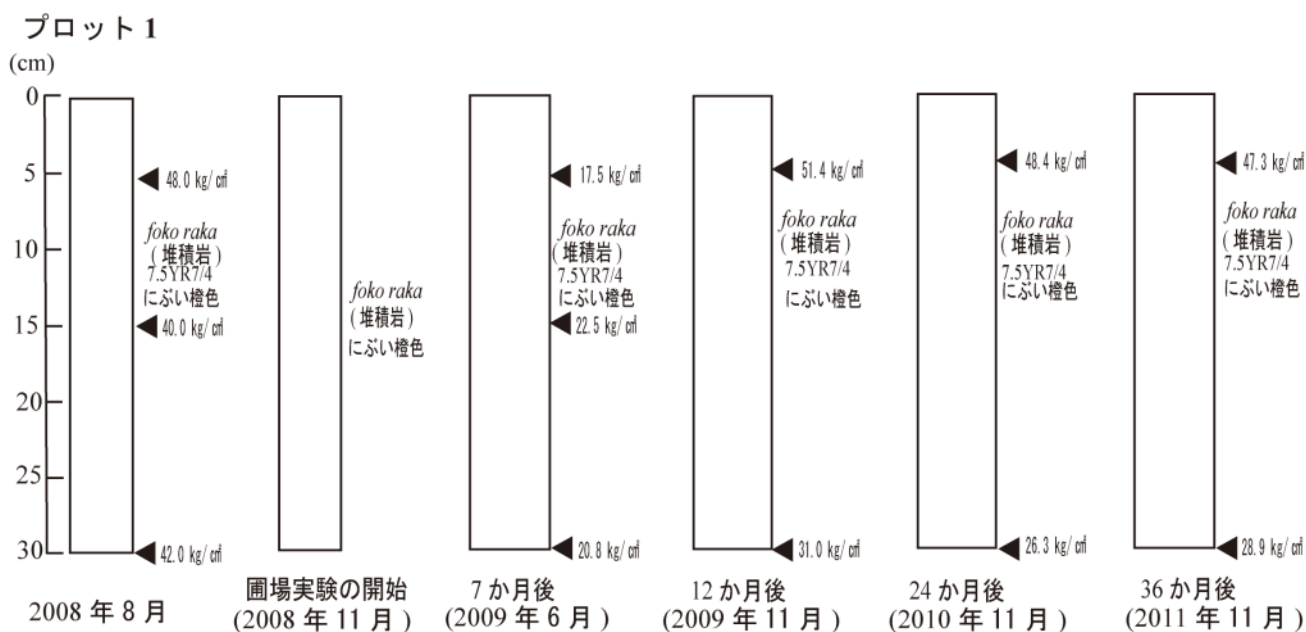


図13 プロット1(ゴミの無投入区)における土壌断面とその変化

土壌に対するハウサ語の名称と、数字は土壌硬度(kg/cm²)。土色は標準土色帳による。

硬くないが、乾燥すると、きわめて固結するという性質をもつ。この堆積岩は pH4.5 前後の強酸性であり、EC の値は 41 から 88 と低く、塩類が少なく、窒素や炭素、リンの含有量もきわめて少ない貧栄養である(表 3)。土壌の物理性・化学性状ともに、植物の生育には適さない土壌である。

都市ゴミの 3 点のサンプルは、pH が 8.6~8.9 で、弱アルカリ性であり、EC は 939~1,325 μ S/cm と塩類を豊富に含み、窒素や炭素、リンも多く含んでいた(表 3)。都市に居住するハウサは、ゴミをハウサ語で *shara* あるいは *jibuji* と呼ぶが、農村に居住するハウサは畑への肥培効果と有用性を込めて、*taki* (肥やし) と呼ぶ。

プロット 2 では、投入したゴミの厚さは 0.5~1cm であり、ゴミの量が十分ではなく、場所によってはゴミの投入がなく、不均等であった。ゴミの下部には、プロット 1 と同様に、固結した堆積岩が埋没し、砂土が緻密に固結していた (図 14)。ゴミ投入の 7 か月後には、有機物をふくむ土壌が厚さ 1cm 堆積し、その土色はにぶい黄橙色 (10YR 6/4)であった。この土壌はハウサ語で *kasa taki* (有機物層)と表現され、有機物を多く含み、EC は 806 μ S/cm と高く、塩類を多く含有していた。炭素、窒素の含有量も高く、ゴミによって植物の栄養分が供給されていた(表 3)。12 か月後には、上部に厚さ 1cm の有機物層、深さ 1~2cm には「シロアリの砂」が存在した。この深さ 2cm より下部には、堆積物層が埋没していた。24 か月後には、砂で飛ばされた飛砂が上部に堆積し、その厚さは 1cm であった。飛砂は、粒子が粗いため、目視による判別が容易である。飛砂の下部には有機物層は存在せず、飛砂の下には厚さ 1cm の「シロアリの砂」が存在している。深さ 2cm より下部には堆積物が存在している。36 か月後には、堆積物層の上部に飛砂が厚さ 1cm のみ堆積しているだけであり、風や水による侵食やシロアリの採餌によって有機物層や「シロアリの砂」が欠如し、ふたたび土地の荒廃がすすんでいる(図 14)。

プロット 3 では、プロット内にゴミを均等に投入し、ゴミの厚さは 1.5cm であった。その下部には、固結した砂土が緻密に堆積する堆積物層がみられた(図 15)。5cm、15cm、30cm の土壌硬度はすべて極密であり、土色はにぶい橙色 (7.5YR 7/4)であった。ゴミ投入の 7 か月後には、有機物を多くふくむ土壌が厚さ 4cm にわたって堆積し、土色は、にぶい黄橙色(10YR 6/4)であった。この表土は、ゴミに由来する塩

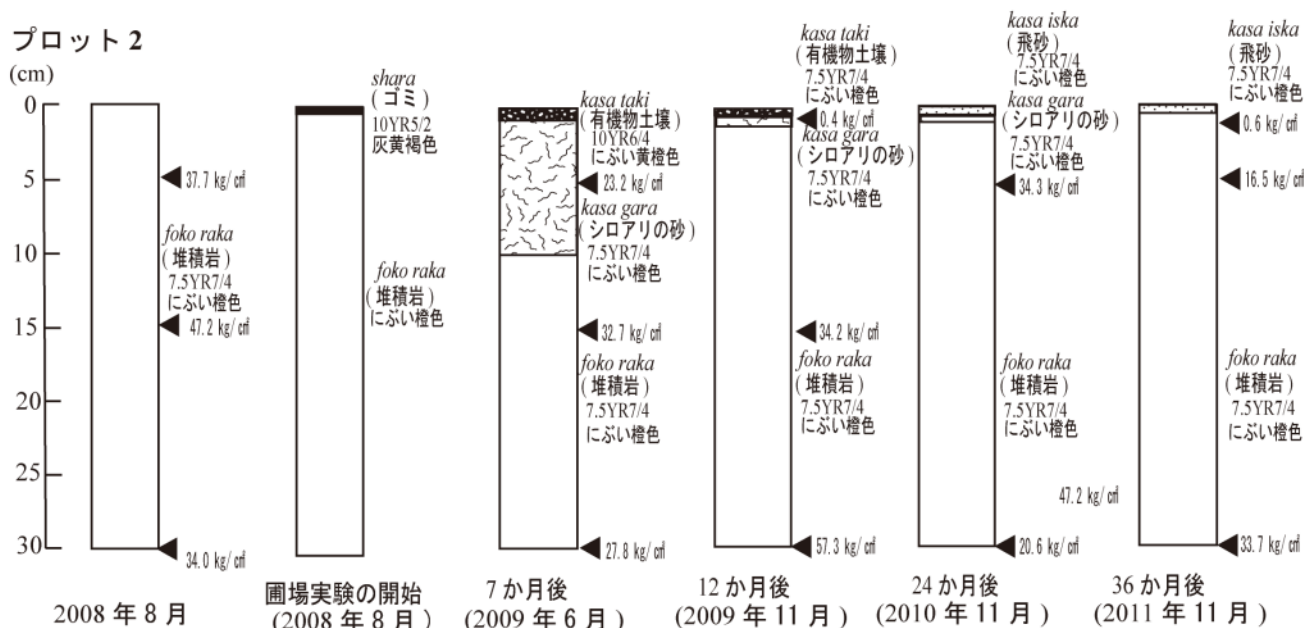


図 14 プロット 2 (ゴミの投入量 : 5kg/m²)における土壌断面とその変化

類や窒素、炭素、リンを多く含み、pHは6.9とほぼ中性であった(表3)。12か月後には、有機物を多くふくむ土壌が厚さ4cmにわたって堆積し、孔隙の多い土壌であった。深さ4~12cmにはシロアリのトンネルがみられ、深さ12cmより下部には堆積物層がみられた。24か月後には、有機物層の厚さは2cmに減少した。その下部、深さ2~10cmにわたって「シロアリの砂」が存在した。その下部には堆積岩が埋没していた。36か月後には、上部には飛砂が厚さ1cm、堆積し、その下部には有機物をふくむ土壌が厚さ1cm、堆積していた。その下部の深さ2~10cmにはシロアリの巣穴がみられ、深さ10cmより下部には堆積岩が埋没していた。30cm深の土壌硬度は37.6 kg/cm²であり、極密であった(図15)。プロット3では、2年後以降に有機物層の厚さが減少し、ふたたび土地の荒廃がすすんでいることが認められた。

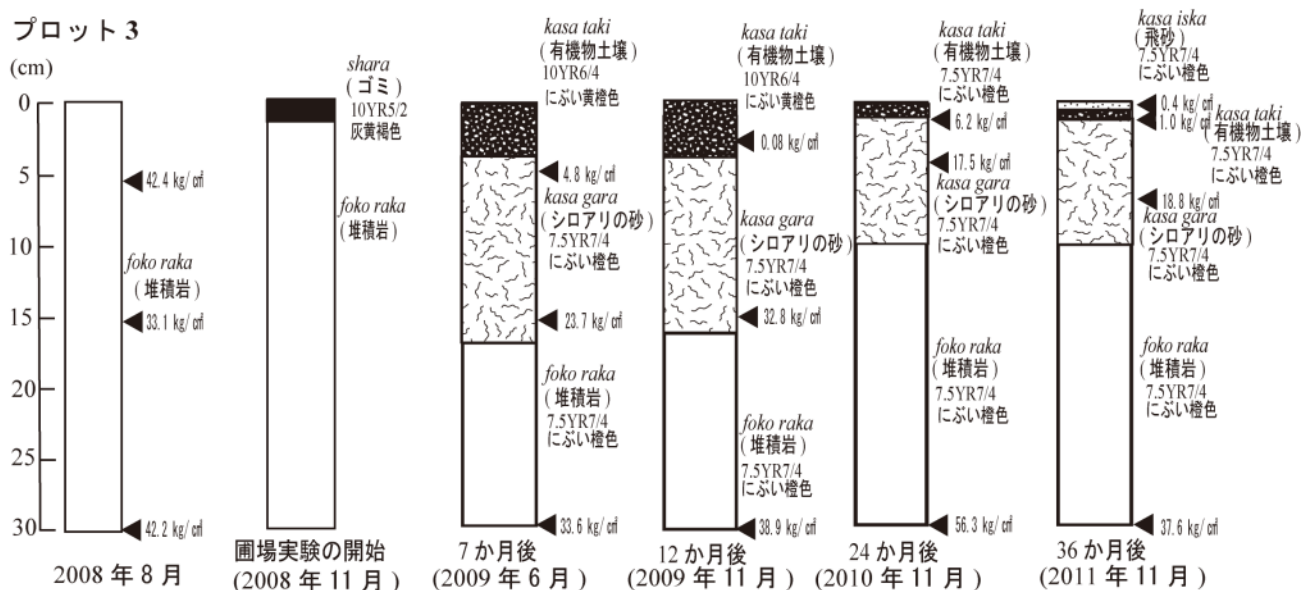


図15 プロット3(ゴミの投入量: 10 kg/m²)における土壌断面とその変化

プロット4では、ゴミ投入ときのゴミの厚さは2cmであった(図16)。ゴミ投入の7か月後には、有機物を多く含む土壌が深さ5cmにわたって堆積し、pHが7.6とほぼ中性であり、ゴミに由来する塩類や窒素、炭素、リンが多く供給されていた。深さ5~17cmの「シロアリの砂」と17~30cmまでの堆積岩には、ゴミ投入にともなう化学性状の改善がみられたものの、その改善は限定的であり、栄養状態は乏しかった(表3)。12か月後には、有機物をふくむ土壌が深さ6cmまで堆積しており、深さ6~15cmまで「シロアリの砂」が存在した。深さ15cmより下部には堆積岩が存在した。24か月後には、深さ3cmまで有機物をふくむ土壌が堆積し、深さ3~13cmまで「シロアリの砂」が存在し、13cmから下部には堆積岩が埋没している。生育している草本の根は深さ5cmまで認められ、有機物をふくむ表土から「シロアリの砂」にまで伸長していた。36か月後には、深さ1cmまで飛砂が堆積し、深さ1~3cmまで、土色がにぶい黄橙色(10YR 6/4)の有機物をふくむ土壌が存在していた。深さ3~10cmまでの土壌にはシロアリのトンネルが存在し、深さ10cmより下部では堆積岩が埋没していた(図16)。

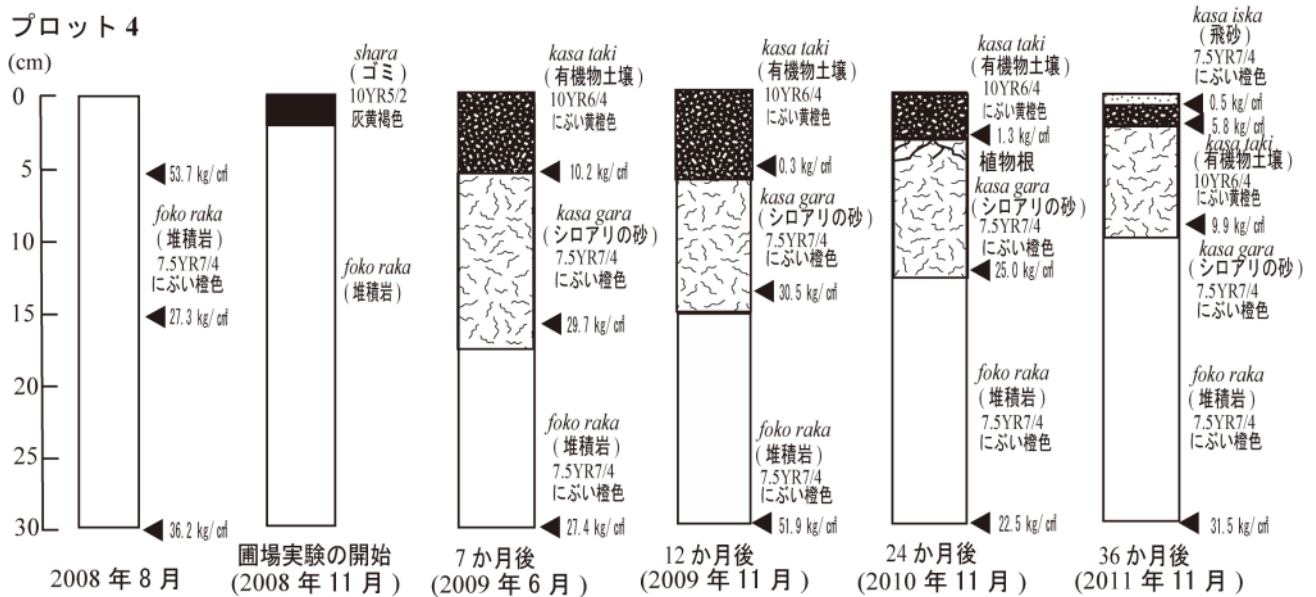


図 16 プロット 4 (ゴミの投入量 : 20 kg/m²)における土壌断面とその変化

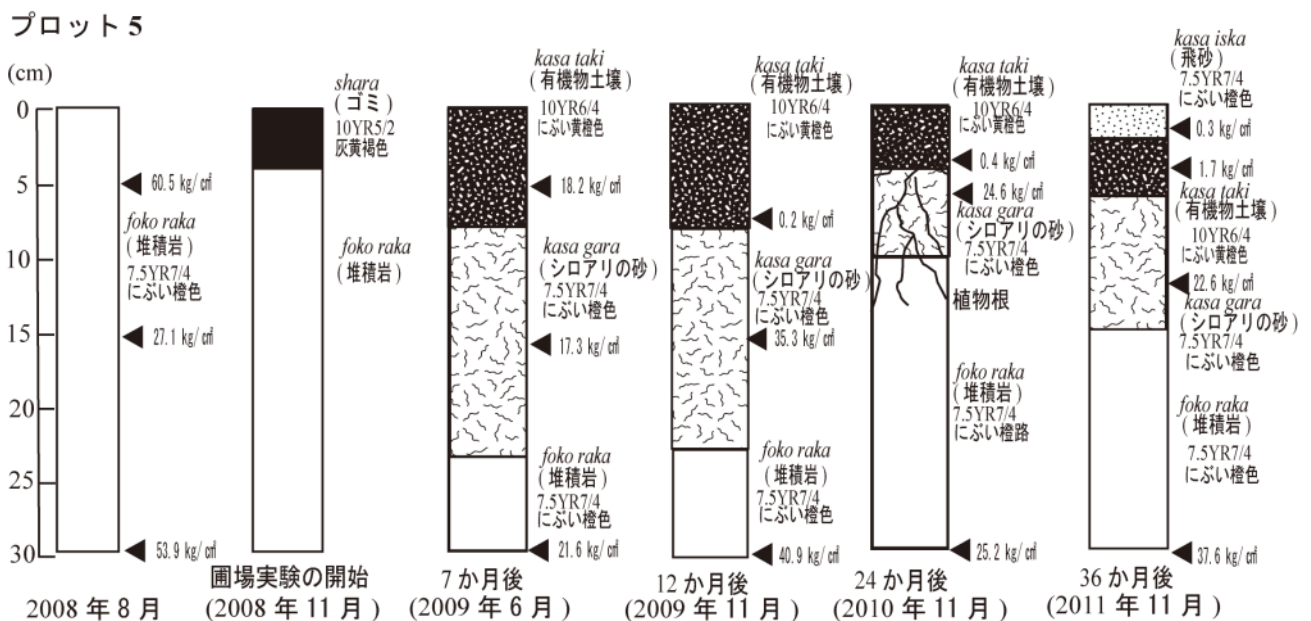


図 17 プロット 5 (ゴミの投入量 : 20 kg/m²)における土壌断面とその変化

プロット 5 では、ゴミ投入の 7 か月後には、有機物を多く含む土壌が深さ 8cm にわたって堆積し、土壌硬度は密であった(図 17)。この表土には、pH が 7.4 とほぼ中性を示し、ゴミに由来する塩類や窒素、炭素、リンが多く含まれていた(表 3)。深さ 8~24cm の「シロアリの砂」と 24~30cm までの堆積岩には、ゴミ投入にともなう化学性状の改善がみられたものの、その改善は限定的であり、栄養状態は乏しかった。

た。どちらも、土色はにぶい橙色(7.5YR 7/4)であった。12 か月後には、有機物をふくむ土壌が深さ 6cm まで堆積し、深さ 6~24cm まで「シロアリの砂」が存在した。深さ 24cm より下部には堆積岩が存在した。24 か月後には、深さ 4cm まで有機物をふくむ土壌が堆積している。深さ 4~10cm まで「シロアリの砂」が存在し、10cm から下部には堆積岩が埋没している。「生育している草本の根は深さ 13cm まで認められた。36 か月後には、深さ 2cm まで飛砂が堆積し、深さ 2~6cm まで有機物層が存在していた。深さ 6~15cm までには「シロアリの砂」が形成され、深さ 15cm より下部では堆積岩が埋没していた(図 17)。プロット 4 と同様に、12 か月後から 24 か月後にかけて、有機物の分解やシロアリの採餌によって、有機物と有機物層の厚さが減少しているが、ゴミ投入量が多いため、飛砂を受け止めるトラップ効果が大きく、飛砂が厚く堆積していること、そして有機物をふくむ土壌の層が多く残存していた。

表 3 ハウサによる土地の区分とその土壌の化学性状

	pH	Total (g kg ⁻¹)		C/N	E xch. Base cmol(+)/kg				P Mg kg ⁻¹	soil color	sand	silt (%)	clay
	(H ₂ O)	N	C		Na ⁺	K	Mg ²⁺	Ca ²⁺					
1) <i>kasa</i> (surface condition)													
0~ 3cm (<i>kasa taki</i>)	6.8	1.20	16.17	13.5	0.06	0.37	2.19	4.36	153	5YR 6/1 (brownish gray)	91.0	1.5	7.5
3~12cm (<i>kasa gara</i>)	4.8	0.12	1.28	10.7	0.09	0.24	0.09	0.20	8	5YR 7/4 (dull orange)	84.2	1.5	14.4
12~30cm (<i>foko</i>)	4.4	0.08	0.84	10.5	0.02	0.04	0.04	0.09	6	5YR 7/3 (dull orange)	84.6	1.3	14.1
2) <i>leso</i> (surface condition)													
0~ 9cm (<i>leso</i>)	6.1	0.07	0.75	10.7	0.02	0.07	0.09	0.25	7	5YR 8/4 (pale orange)	94.6	1.0	4.4
9~30cm (<i>foko</i>)	4.6	0.11	1.18	10.7	0.02	0.10	0.061	0.13	5	5YR 7/4 (dull orange)	90.5	0.6	8.9
3) <i>foko</i> (surface condition)													
0~ 5cm (<i>foko</i>)	4.6	0.12	1.08	9.0	0.01	0.10	0.12	0.26	13	5YR 6/4 (dull orange)	89.5	2.2	8.3
10~30cm (<i>foko</i>)	4.4	0.08	0.84	10.5	0.01	0.08	0.05	0.14	7	5YR 6/4 (dull orange)	82.0	2.4	15.6

VII. まとめ

本論文は、ニジェール南部に居住するハウサの人びとの砂漠化に対する環境認識と在来知識に着目し、(1)樹木の利用と樹形の管理、および(2)農村の屋敷地や都市の有機物ゴミの利用による砂漠化防止と荒地の修復を明らかにした。土地荒廃がすすむ要因としては、風と雨による表層土壌の侵食が主要因であり、人びとの耕起作業による表層土壌の攪乱、被覆する草本の家畜による採食、除草作業による刈り取り、樹木の伐採、家畜の踏みしめなどによって侵食が加速する。表層の砂画分が侵食を受けると、地中に埋没している堆積岩が露出し、植物生産力はきわめて低下する。

人びとは風や雨水による侵食をふせぐために、耕作地の樹木を積極的に利用し、風で飛ばされる砂をキャッチするために、樹木の樹形をラブやバラウに仕立てている。一見すると、耕作地の管理がゆきとどかず、雑木の茂みとなっているようにみえるが、人びとは低木を利用して、侵食を防ぐと同時に、飛砂の堆積をうながしているのである。また、マヤンチやマタシという樹形の樹木も耕作地には散在している。これらの樹木は雨季のトウジンビエ栽培の妨げとなる場合もあるが、長い乾季の休息場所となる木陰をもたらし、牧畜民がその木陰で放牧キャンプを設営することもある。おおきな樹木の多くは、葉や実が貴重な家畜の飼料となったり、あるいは、干ばつに由来する飢饉どきに住民の救荒食料となる有用な樹種が多い。サヘル地域の人びとは、頻繁に生じる厳しい干ばつとそれによる飢饉を生き抜いてきた。そのとき、手元の家畜に樹木の葉を飼料として与えつづけ、その家畜を販売して現金を稼得し、食

料を購入したり、あるいは耕作地に生育する樹木の葉や実を食べて、厳しい飢饉をしのいできたのである。耕作地の樹木の多くは、いわば、飢饉どきの人と家畜のライフラインをささえる食料庫なのである。

一方、ハウサの人びとは耕作地の状態を見きわめ、トウジンビエ収量が低下した場合には、屋敷地や都市からゴミを運搬し、荒廃地に投入している。その営みには、ゴミに多量にふくまれる栄養分を添加し、風や雨水による侵食の防止、飛砂のキャッチによる砂画分の堆積、シロアリによる孔隙の多い土壌を作りだし、植物生産力を改善しようとする意図が存在する。圃場実験の結果より、ゴミの投入量は少なくとも 20kg/m^2 であれば、地中への雨水の浸透と草本の生育は十分であると判断されるが、シロアリの採餌による有機物の持ち出し、家畜による草本の採食や人間による植物利用、風食や水食による砂画分と栄養分の流出が発生することによって、ゴミ投入の 2 年後には土地荒廃がふたたび開始する。土地の荒廃は、地面の傾斜が大きいと、砂画分の流亡が多くなり、激しくなることが予想される。都市ゴミの投入によって造成した草地の植物生産力を維持していくためには、家畜の採食や人間の植物利用による栄養分の持ち出し、風食や水食による養分の流出を補填する、さらなる都市ゴミの投入を通じた、地表面に対する有機物と養分の添加が課題となる。また、都市ゴミや有機物には重金属の有害物質をふくむ危険性が存在する(Pasquini and Harris 2005; Bolan *et al.* 2010; Adejumo *et al.* 2011)ため、土地リハビリテーションに使用する都市ゴミの選択について検討することも必要である。さまざまな課題も浮かびあがったが、サヘル地域の砂漠化防止や荒廃地の環境修復には、現地生きる人びとの砂漠化に対する知恵と対処技術が解決の糸口になることが明らかとなった。

参考文献

- 大山修一・近藤史 2005. サヘルの乾燥地農耕における家庭ゴミの投入とシロアリの分解活動. 『地球環境』 **10** (1): 49-57.
- 大山修一 2007. 西アフリカ・サヘル地域における農耕民の暮らしと砂漠化問題. 池谷和信・佐藤廉也・武内進一編 『世界地誌 アフリカ I 総説、イスラムアフリカ、エチオピア』 221-233. 朝倉書店.
- 大山修一 2010. 西アフリカ・サヘル帯における市場経済化の発展と砂漠化問題. 人間環境論集 **10**: 13-34.
- 大山修一・近藤史・淡路和江・川西陽一 2010. ニジェール南部の乾燥地農耕と砂漠化に対する農耕民の認識. 『農耕の技術と文化』 **27**: 66-85.
- 大山修一 2012. 西アフリカ・サヘル帯における農村の生業を支える伝統的慣行と食料不足の拡大. 松井健・野林厚志・名和克郎 共編 『生業と生産の社会的付置：グローバリゼーションの民族誌のために』 149-180. 岩田書院.
- 鹿島 薫 2009. 「乾燥地の地形」篠田雅人編 『乾燥地の自然』 47-68. 古今書院.
- 門村 浩 1992. 「サヘルー変動するエコトーン」門村浩・勝俣誠 『サハラのほitori』 46-78. TOTO 出版.
- 桐越仁美 2012. 「ハウサの人びとの勤勉さーニジェールの現地調査の経験から」 『アジア・アフリカ地域研究』 **12**(1): 122-126.
- 久馬一剛 編著 2001. 『熱帯土壌学』 名古屋大学出版会.
- 南雲不二男 1995. 西アフリカ、ニジェールの固定砂丘地域における地形・土壌環境と土地荒廃. 地学雑誌 **104**: 239-253.

- 若月利之 1997. 「西アフリカの地形, 地質, 植生および土壌」 廣瀬昌平・若月利之 (編著) 『西アフリカ・サバンナの生態環境の修復と農村の再生』 81-97. 農林統計協会.
- Adejumo, S. A., Togun, A. O., Adediran, J. A. and Ogundiran, M. B. 2011. Field assesment of progressive remediation of soil contaminated with lead-acid battery waste in response to compost application. *Pedologist Special Issue* **54**(3): 182-193
- Ajayi, O. C., Place F., Akinnifesi, F. K., and Sileshi, G. W. 2011. Agricultural success from Africa: the case of fertilizer tree systems in southern Africa (Malawi, Tanzania, Mozambique, Zambia and Zimbabwe). *International Journal of Agricultural Sustainability* **9**: 129-136.
- Bolan, N., Naidu, R., Choppala, G., Park, J., Mora, M. L., Budianta, D. and Panneerselvam, P. 2010. Solute interactions in soils in relation to the bioavailability and environmental remediation of heavy metals and metalloids. *Pedologist Special Issue* **53**(3): 1-18.
- Europafrica.net 2011. Great Green Wall for Sahara and Sahel: Combat Desertification, Improving Food Security and Climate Change Adaptation. <http://europafrica.net/2011/10/10/africa-and-europe-joint-efforts-to-combat-desertification/> (Accessed 12 December 2011).
- Giannini, A., Biasutti, M., and Verstraete, M. M. 2008. A climate model-based review of drought in the Sahel: Desertification, the re-greening and climate change. *Global and Planetary Change* **64**: 119-128.
- Lee, K. E. and Wood, T. G. 1971. *Termites and Soils*. London. Academic Press.
- Oyama, S. 2009. Ecological knowledge of Hausa cultivators for the land degradation process in Sahel, West Africa. *Geographical Repots of Tokyo Metropolitan University* **44**: 103-112.
- Oyama, S. 2012. Land rehabilitation methods based on the refuse input: local practices of Hausa farmers and application of indigenouse knowledge in the Sahelian Niger. *Pedologist* **55**(3) Special Issue: 466-489.
- Pasquini, M. W. and Harris, F. 2005. Efficient use of resources: urban waste ash and soil fertility on the Jos Plateau, Nigeria. *Area* **37**: 17-29.
- Sanchez, P. A. 2011. Soil fertility and hanger in Africa. *Science* **295**: 2019-2020.
- Shapiro, B. I. and Sanders, J. H. 1997. Fertilizer use in semiarid West Africa: Profitability and supporting policy. *Agricultural Systems* **56**: 467-482.
- United Nations 2010. World Urbanization Prospects. The 2007 Revision Population Database (<http://esa.un.org/unup/>).
- United Nations Environment Programme, Ed. 1992. *World Atlas of Desertification*. New York: Edward Arnold.
- World Bank 2012. World Development Indicators 2012. World Bank. Washington D.C.