

《論文》

マリ国セグー州における牛糞尿の有効利用による 農地肥沃度改善の試み

向井史郎*

An Action Research on a Longgrass Bedding Technique for Improved Cattle Manure Preparation Methods in Segou Region, Mali

Shiro MUKAI

要旨

農牧複合の農業体系をもつマリ国農村では、畑の土壌肥沃度が経年的に低下している。家畜飼育と畑への牛糞堆肥施用のメカニズムを聞き取りと実測によって明らかにし、畑への家畜糞尿由来の栄養投入量を増やす方策をアクション・リサーチの実施によって探った。牛糞尿の有効利用法として次の2技術を考えた。[1] 放牧地の夜間ウシ留置き場とその周辺に放置された牛糞を拾い集める。[2] 夜間ウシ留置き場の床に敷料を敷き詰めて牛糞堆肥を作成する。これらを、[3] 在地の牛糞堆肥技術と比較したところ、[1]の糞量は少なく現実性に乏しかった。[3]に比べて[2]のウシ1頭1日あたり堆肥量と畑への栄養供給量（すなわち資本生産性）は、それぞれ67%と21～56%増加した。一方、[3]に比べて[2]の総作業量は11%増え、所要作業量あたり堆肥量と栄養供給量（すなわち労働生産性）はそれぞれ38%と-15%～32%増加した。[2]の資本生産性の増加率は労働生産性の増加率を上回り、[2]は、限られた牛糞量に対してより労働投入量を費やして畑への栄養供給量を増やす試みであると言える（すなわち、より労働集約的な牛糞堆肥作成法）。牛糞敷料堆肥作成法は、①在地の有機質資材（雑草）を敷料として有効利用すること、②より労働集約的な技術であること、③現状の農牧複合の体系を強化する技術であることといった、サヘルの低生産性農業が集約化に向かう初期段階で導入されるべき改良技術の諸条件を満たしている。

キーワード

サヘル、農牧複合、砂漠化、牛糞堆肥、敷料

* shiro_mukai@yahoo.co.jp

1. はじめに

マリ国民の主食はトウジンビエ (*Panicum miliaceum* L.) であり、同国の農村ではトウジンビエとソルガム (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) を基幹とする作付パターンが最も一般にみられる。アフリカでは畑一筆、畑数筆、村、地域など、1990年代以降様々な空間規模で窒素とリンをはじめとする土壤栄養収支に関する研究が行われるようになった。これらのうち、西アフリカ各地における畑一筆規模の土壤栄養収支に関する研究結果は、概ねマイナス収支を示している (Schlecht and Hiernaux 2004)。マリ国で畑一筆規模の土壤栄養収支を研究した Powell and Coulibaly (1995) によると、スーダン・サヘル気候区¹⁾において、トウジンビエとソルガムを基幹とする作付パターンをもつ畑では、作物の収穫などによって窒素が1年間に平均 29kg/ha 失われている。他方、畑に投入される窒素は、作物残渣によって 4kg/ha、家畜糞尿由来の堆肥によって 1kg/ha、作物根の腐植によって 2kg/ha、その他によって 4kg/ha である。これらの窒素源を補っても畑レベルの栄養収支はマイナスであり、平均 18kg/ha の窒素が毎年畑から失われている。作物生産に無機肥料はほとんど使われない。

従来、西アフリカ・サヘルにおける食料の増収は、農地の外延的拡大によってなされてきた。また、畑の肥沃度は長期休耕と農耕民と牧畜民との共存によって、すなわち、牧畜民は農耕民の畑に家畜を係留して糞尿を落とし、農耕民は牧畜民に水・食料などを与えるという交換のシステムによって維持されてきた。しかし、1970年代以降、人口増加に伴う食料需要の増大は牧草地面積の減少と畑の休耕期間の短縮を引き起こし、土壤の肥沃度維持を支えてきた制度は徐々に崩れてきた。西アフリカ・サヘルは、風化が進んだ酸性砂質土壌であり、低い化学・物理的特性を元来もつ。また、西アフリカ・サヘルは降雨は不安定である。このため、土壤栄養収支に関する研究を含む 1990年代以降の農業研究は、西アフリカ・サヘル地域における砂漠化の進行と将来的な食料需給バランスに悲観的な見通しを示した。ところが実際には、1960年代から 2000年代にかけて、ブルキナファソやマリでは農地面積が拡大したのみならず、単収も徐々に増加しており、近年両国の穀物自給率は 8割程度を維持している (de Ridder et al. 2004: 111)。

西アフリカ・サヘル全域では 1960年代から 90年代にかけて年降水量の経年的な低下があり (Michell 2005)、また域内の無機肥料の消費量に変化はなかったにもかかわらず、トウジンビエやソルガムの単収は全体として少なくとも低下しなかった。de Ridder et al. (2004: 112) は、この背景には、西アフリカ・サヘル独自の農牧複合の農業体系 (Williams et al. 2000) が支える家畜糞尿の畑への還元技術があるのではないかと仮説を立てている。サヘル内の多くの地域では、人口増加につれて休耕畑は永年畑に転換し、また、牧畜民が定住して家畜を飼育し畑を耕すとともに²⁾、農耕民も家畜を所有するようになった。これに伴って、畑土壌の肥沃度の管理は旧来の制度から「栄養分の域内循環 (intensified internal recycling of nutrients)」(de Ridder et al. 2004: 118) を強化する方向に変わった。これを支えるのが農牧複合の農業体系である。

マリ国農村では家畜は犁耕に用いられるとともに、家畜糞尿は作物の栄養源になる (Ramisch 1999)。

1) マリ国の気候区については図 1 のマリ国等降水量線図を参照。スーダン・サヘル気候区は 1961～90年の年平均降水量が 500～900mm の地帯にあたる (FAO 2004)。同期間の年平均降水量が 900～1100mm のスーダン気候区の畑では、作物の収穫などによって窒素が年平均 30kg/ha 失われている。畑に投入される窒素は、作物残渣によって 5kg/ha、家畜糞尿由来の堆肥によって 1kg/ha、作物根の腐植によって 3kg/ha、その他によって 5kg/ha である。畑レベルの窒素収支は、年平均 -15kg/ha であった (Powell and Coulibaly 1995)。

2) 例えば、次ページのギニア気候区における半農半牧民ブルの事例などが該当する。

畑への家畜糞尿の還元法としては主に、堆肥施用法と、作物収穫後の残渣残桿を畑に残して家畜をそこに放し飼いし、糞尿を直接畑に排泄させる方法があり、後者はコラリングと呼ばれる (Gandah et al. 2003; Shinjo et al. 2008; 大山ら 2010)³⁾。畑への家畜糞尿の還元は、家畜放牧地と畑との間に栄養素の循環をもたらす (Powell et al. 1996)。

ニジェールのサヘル気候区で調査を行った林らによると、実地調査した 2,430ha のトウジンビエ畑において、村民が畑土壌の肥沃度を回復するために実際に利用している方法として、①休耕 (全体の 66% の面積で利用)、②堆肥施用 (同じく 18%)、③コラリング (16%) の 3 種類が観察された。①が使われる畑 ($n = 6$) は、農民の家から約 2,600m (中央値) の距離にあり、深さが 0 ~ 35cm の土壌の全窒素含量は平均で 700kg/ha、同じく可給態リン酸 (ブレイ I) 含量は 21.9kg/ha、トウジンビエ単収は 242kg/ha であった。②が使われる畑 ($n = 10$) は同様に、距離が約 600m、全窒素が 734kg/ha、可給態リン酸が 41.2kg/ha、トウジンビエ単収が 580kg/ha であった。③が使われる畑 ($n = 4$) は、距離が約 1,800m、全窒素が 957kg/ha、可給態リン酸が 28.0kg/ha、トウジンビエ単収は 750kg/ha であった (Hayashi et al. 2006)。3 つの土壌肥沃度管理法をとる畑一筆レベルの年間窒素収支は、①が平均で -7.7kgN/ha ($n = 6$) とマイナスであったのに対して、②は同じく 6.7kgN/ha ($n = 6$)、③は 4.2kgN/ha ($n = 6$) といずれもプラスであった (Hayashi et al. 2012)。因子分析によると、畑への通作距離が畑土壌の肥沃度を管理する方法を決定する第一の要因であった (Hayashi et al. 2006)。

Ramisch (1999) は、マリ国最南部ギニア気候区 (1961 ~ 90 年の年平均降水量が 1100mm 超) において、同じ村内に住む①農耕民 24 世帯 (世帯平均 7ha の畑 [このうち綿花畑 2ha] と 4 頭の牛を所有)、②農耕民 8 世帯 (同じく畑 7ha [うち綿花畑 3ha] と牛 9 頭を所有)、③半農半牧民プルの 12 世帯 (畑 3ha [綿花畑 0.1ha] と牛 74 頭を所有) の 3 グループが耕作するそれぞれ 191 筆、59 筆、13 筆の土壌栄養収支を調査し、窒素収支平均値がそれぞれ、① -12kgN/ha 、② -5kgN/ha 、③ 23kgN/ha であり、いずれの組み合わせ間にも有意差があったことを示した。農耕民の世帯①は、村の外延部に土壌肥沃度を有する畑を所有し、無施肥で穀類 (トウモロコシやトウジンビエ、ソルガム) を栽培していた。換金作物である綿花の畑を多く耕作する農耕民の世帯②は、綿花に無機肥料を投入していた。多くの家畜を所有し、また個々の畑面積が小さいプル③は、単位面積あたり堆肥施用量が多く、窒素収支がプラスであった (Ramisch 1999)。このように、同じ地域においても土壌の栄養分収支や土壌肥沃度の管理法の選択は、畑の属性によっても異なり、また農民が所属するグループによっても異なる。このため、ある地域でみられる土壌肥沃度の管理法に関して議論する際には、個々の農牧複合の現状を精査する必要がある (Ramisch 1999)。

サヘル全般で観察される経年的な畑土壌の肥沃度低下に対して、各種研究機関や国際機関が様々な作物増収法や土壌肥沃度の管理法、ウォーターハーベスティング技術などを提案してきた。具体的には、トウジンビエやソルガムとササゲとの輪作と間作、保全農業 (conservation agriculture) とその関連技術 (不耕起、農薬、残渣マルチ)、改良栽培法 (改良品種、栽植密度、病虫害対策)、ザイ (Zai、乾季に 20 ~ 30cm の幅と深さの穴を多数掘り、そこに有機肥料を入れるとともに雨を溜める技術)、無機肥料、マイクロドレーシング、畝立て、副畝立て (tied-ridging)、列石 (stone rows)、草畦 (grass strips) などが推奨された。しかし、これらの技術のほとんどは、利用率が低かったり、一旦利用されても長期に

3) ニジェール南部のサヘル気候区 (1961 ~ 90 年の年平均降水量が 250 ~ 500mm) で調査を行った大山ら (2010) によると、農耕民ハウサは主に、残飯・作物残渣・家庭ゴミ・家畜糞・飼料残渣などを屋敷地内に蓄積した後、耕作地に運び込む堆肥施用法と、牧畜民トゥアレグやフラニの牧夫と契約を結び、畑のトウジンビエ刈り跡に野営キャンプの設置を依頼する方法の二つによって、畑土壌の肥沃度を維持している。後者の方法はコラリングに該当する。

わたって継続されないという状態にとどまっている (Schlecht et al. 2006; Mason et al. 2015)。この背景には、低い土壌肥沃度や不安定な降雨、あるいは農産物の価格の低さなどの要因が、畑土壌の肥沃度管理に関する農民の長期的な投資意欲を減じ (Breman et al. 2001)、リスク回避の行動様式を選択させている (Morduch 1995) といった理由がある。これに加えて、改良技術の普及に際しては、技術導入によってもたらされる作物増収や収入増などの圃場試験研究や経済分析結果と、農民の低い利用率との間に大きな乖離があることが指摘された (Ayuk 2001; Mason et al. 2015)⁴⁾。

Aune and Bationo (2008) は、西アフリカ・サヘルにおけるこれまでの農業発展をレビューし、現状のトゥジンビエ・ソルガムを基幹とする低生産性農業が集約化に向かう初期段階で導入されるべき新技術について次のような条件を示した。第一に、最も優先される技術は、畑土壌の肥沃度管理法であること。たとえ改良品種やウォーターハーベスティング技術を導入しても、同時に畑土壌の肥沃度管理法を伴わない限り大きな収量効果 (Zougmore et al. 2003) や経済効果 (Fox et al. 2005) は示されず、農民にとって新技術導入の誘因となりにくいからである。第二に、新技術は現状の農牧複合の体系を強化する方向性をもつこと⁵⁾。

本論文では、マリ国スーダン・サヘル気候区に属する調査地において、調査地がもつ農牧複合の体系を、2010年に聞き取りと現地実測によって精査した。その中から畑土壌の肥沃度管理のための改良法 (牛糞尿の有効利用技術) についていくつかの候補が浮かび上がってきたことを示した。次に、これらの候補について村民参加によるアクション・リサーチを2010年7月から2011年7月にかけて実施し、改良法と旧来の牛糞堆肥作成法を比較した。最後に、畑への家畜糞尿由来の栄養投入量を増やすことで調査地における農牧複合の体系を強化する肥沃度改良法を提案した。

調査対象地区は、セグー州バラウエリ県ポアディエ郡シャカブグ村とその周辺村 (図1) である。バラウエリ県バラウエリ市における1970～2006年の年平均降水量は 682 ± 169 mm であり、5月から9月までが雨季である (図2)。シャカブグ村の畑の大半は鉄質砂質土であり、草地などには鉄質礫土がある。村内には土壌侵食の最も進んだかたちであるガリが発達している。

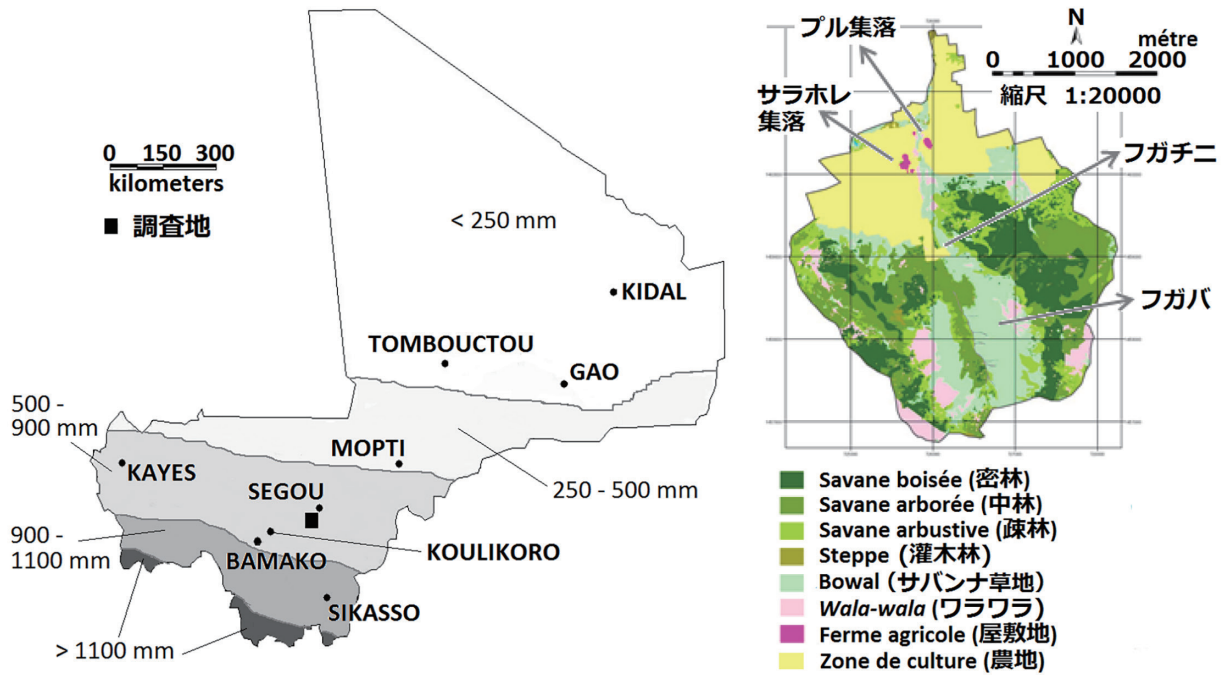
2. 調査地の農牧複合体系

2.1 村の概要 (農地と家畜の所有、および堆肥施用)

シャカブグ村には半農半牧民のプルの集落と農耕民のサラホレ (マンデ系) の集落がある (図1)。調査当時、シャカブグ村のプルは5つの *du*、サラホレは6つの *du* から構成されていた (表1)。*du* とはマリ国の主要言語であるバンバラ語で土堀で囲まれた家屋のことを意味し、同時に、そこに居住する人々の集合体も意味する (保坂 1991: 103)。西アフリカの多くの地域では民族のちがいに関係なく、一

4) これまでサヘルにおいて開発されてきた各種技術の特徴と、農民による技術利用を阻害した要因については、林 (2005) に詳しい。

5) Aune and Bationo (2008) は、サヘルにおけるこれまでの農業発展を次の3つに類型化した。①トゥジンビエとソルガムを基幹作物とする低生産性農業は、これまで主に農地を外延的に拡大する発展経路を示した。②ブルキナファソやマリ国のスーダン気候区における換金作物 (綿花) の栽培には、資本集約型農業集約化の発展経路がみられた。③北部ナイジェリアのスーダン気候区あるいはギニア気候区におけるトウモロコシやソルガム、トゥジンビエ、ササゲ、ラッカセイの栽培は、資本集約型と労働集約型が混合した発展経路をとった。そして、いずれの農業発展も個々の農牧複合の体系を強化する方向性を同時にたどってきたとしている。Williams et al. (2000) も、同様の見解を示している。



地目	特徴
密林	樹高は8～13mかつ樹冠率は30～45%。単位面積当たり材積は20m ³ /ha超。下生えは微小地上植物と、地表植物および中間地表植物からなる
中林	樹木と灌木が散在している。樹高は6～8mかつ樹冠率は25～30%。単位面積当たり材積は20m ³ /ha以下。下生えは微小地表植物と地表植物からなる
疎林	灌木と飼料木が散在している。樹高は7m以下かつ樹冠率は10～20%。単位面積当たり材積は20m ³ /ha以下。下生えは微小地表植物からなる
灌木林	草地の中に被覆率10%ほどの灌木の林がまだら状に点在する
サバンナ草地	ブル語でBowal (bowé) と呼ばれる。木本がない広い草地。ラテライト硬盤上の浅い土層と酸性土壌がもたらす過酷な水文環境がサバンナ草地を形成する
ワラワラ	露出したラテライト硬盤が裸地を形成する

図1 調査地シャカブグ村の位置(左図、マリ国等降水量線図)と同村の土地利用図(右図)

注:1961～90年の年平均降水量が250～500mmの地域はサヘル気候区に、500～900mmはスーダン・サヘル気候区に、900～1100mmはスーダン気候区に、1100mm超はギニア気候区に属する。

出所:左図は、FAO(2004)に主要都市と調査地を書き加えた。右図は、著者作成。

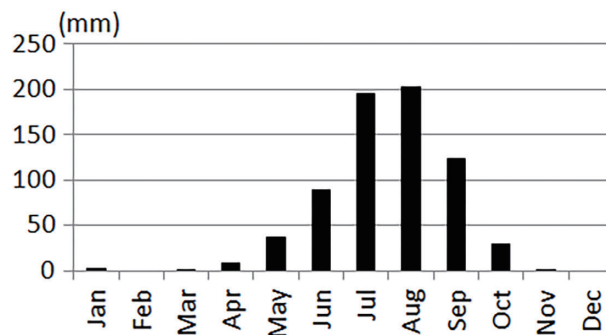


図2 バラウエリ市の月平均降水量(1970～2006年、うち4年分には欠損あり)

出所:マリ国気象庁より入手したバラウエリ市日降水量データより、著者作成。

表1 シャカブグ村の村民構成、畑面積、ウシ所有頭数

民族	村民構成			畑面積 (ha)			ウシ所有頭数	
	du 数	kabila 数	世帯数	畑総面積	du あたり du 畑面積 ^a	kabila あたり kabila 畑面積 ^a	ウシ 所有頭数 ^b	du あたり ウシ頭数 ^a
プル	5	9	28	54.1	10.8 ± 16.4 *	5.2 ± 1.5	202	22 ± 28
サラホレ	6	14	41	120.0	20.0 ± 13.8 *	4.3 ± 3.9	62.5	10 ± 13
合計	11	23	69	174.1	15.8 ± 15.0	4.6 ± 3.3	264.5	18 ± 23

注：^a 平均±標準偏差。^b 子牛の頭数をウシ 0.5 頭として計算した。*印がある項目間に 5% 水準で有意差あり (t 検定)。

人の男性がイスラームの考え方にそって複数の女性と婚姻関係を持ち、その未婚・既婚の子供たち、そして孫たちと暮らすという一夫多妻の大家族で生計をとる。夫と複数の妻、子どもという核家族を基本的な世帯とし、複数の世帯によって大家族が形成されている。この大家族は *kabila* と呼ばれ (赤坂 1970: 10)、*kabila* の年長男性どうしは兄弟の関係にある。一つの *du* の中に複数の *kabila* が同居することもある⁶⁾。*du* はまた、共通の祖先をもつ父系血縁集団である。多くの場合、*du* の最年長者が *dutigi* と呼ばれる *du* の長となる。*dutigi* が土地や家畜、農具などを所有するとともに、他の *du* の成員にこれらを分け与える (Becker 1990; Ramisch 1999)。シャカブグ村の *du* の平均世帯数は約 6 世帯、*kabila* の平均世帯数は約 3 世帯であった (表 1)。

シャカブグ村の南西部と南東部には、密林と中林、疎林、灌木林から成る林地が分布する⁷⁾ (図 1)。南西部の林地の面積は 249ha、南東部の林地の面積は 277ha である。2つの林地にはさまれて、シャカブグ村の南・中央部にサバンナ草地とワラワラ (*wala-wala*、バンバラ語) から成る 202ha の草地が広がっている。

同村の屋敷地に近い草地は現地名でフガチニ (*fuga-chini*、バンバラ語) と呼ばれ、それ以外の大部分の草地はフガバ (*fuga-baa*) と呼ばれる。フガチニはシャカブグ村民によって専ら利用されるが、フガバは周辺村民 (カンバ村、セリブグ村、シャンコロ村、ボアディエ町、バラウエリ市) によっても家畜の放牧地や採草地として利用されている。

村の農地は *du* の長が所有する畑と *kabila* の長が所有する畑のどちらかに属する (以下に、それぞれ *du* 畑と *kabila* 畑と呼ぶ⁸⁾)。村を構成する 11 の *du* すべてが *du* 畑をもつが、*kabila* 畑をもつのは、プルの 5*du* のうち 1*du* (ジャロ *du*。注 5) 参照) のみ、サラホレの 6*du* のうち 3*du* のみである (表 1)⁹⁾。これら *kabila* 畑をもつ *du* はいずれも複数の *kabila* の集合体である。*du* 畑で栽培されるトウジンビエなどの作物は収穫後に *du* の長の所有物となり、*du* の穀物庫に貯蔵される。村では、*du* の一角にあるグワ (*gwa*、バンバラ語) とよばれるかまどで炊事した料理を *du* の構成員がひとところでもとに食する光景をよく見かけるが、この食材は *du* 畑からの収穫物である。*kabila* 畑で栽培する作物は、収穫後に *kabila* の長の所有物になる。

6) プルが居住する 5*du* のうち 1*du* (後に調査対象 *du* となるジャロ *du*) のみが 5つの *kabila* から構成され、サラホレの 6*du* のうち 4*du* が複数の *kabila* から成っていた。

7) 密林と中林、疎林、草地などの定義は、Maiga (1999) などによる。

8) *du* 畑はフォロバ (*foroba*)、*kabila* 畑はジョンフォロ (*jonforo*) とバンバラ語で呼ばれる (保坂 1991: 112)。ただし、保坂 (1991) では、*foroba* は共同の畑、*kabila* 畑は個人の畑とされている。

9) サラホレが保有する畑の総面積はプルの約 2.2 倍である。*du* あたり *du* 畑面積にもこれが反映され、サラホレの *du* あたり *du* 畑面積はプルよりも有意に大きかった (5% 水準)。

プルとサラホレともにウシは *du* の長が所有し、すべての牛糞と牛糞堆肥は *du* 畑に施用される。シャカブグ村のプルはサラホレよりも多くのウシを所有し（表 1）、また *du* あたりウシ頭数についてもサラホレの約 2 倍である（有意差なし）。一方、それ以外のヤギやヒツジ、ロバなどの家畜は、両民族ともに *kabila* の長が所有し、その堆肥は *kabila* 畑に施用される。

ウシの年間放牧と移牧パターンを表 2 に示した。シャカブグ村のプルとサラホレともに、雨季である 7 月中旬から 9 月中下旬にかけてはフガバ草地に、9 月中下旬から 11 月中下旬まではフガチニ草地にウシを夜間留め置き、この間、昼間には夜間留置き場の周辺で放牧する。その後、2 月終わりから 7 月半ばまではスーダン気候区とギニア気候区にまたがるシカソ州ヤンフリラ地方にウシを移牧する。ウシの放牧や移牧方法は、プルとサラホレともに *du* 単位で決められる。7 月中下旬～9 月中下旬にフガバに設置される夜間ウシ留置き場は *du* 単位で管理され、例えばプルのジャロ *du* の場合、同 *du* の長が所有するウシ 198 頭がすべて同所に留め置かれる。9 月中下旬～11 月下旬にフガチニに設置される夜間ウシ留置き場も同様に *du* 単位で管理される¹⁰⁾。フガチニ草地の夜間留置き場の床に溜まった牛糞堆肥を、翌年、トウジンビエを播種する直前の 7 月上旬にロバ車で運び、専ら *du* 畑に施用する。また、作物を収穫した後の 11 月中下旬から翌年 2 月中下旬まで、穀物収穫後の残渣と残秆を *du* 畑に残してウシをそこに放し飼い、もしくは係留し、糞尿を直接畑に排泄させる（すなわち、コラリング）。

2.2 作付パターンと施肥法

図 3 に、シャカブグ村ジャロ *du* が保有する畑の位置を示した。畑は、屋敷地から畑までの距離にしたがって次の 2 種類に分けられる。屋敷地からほぼ 300m までの近距離に位置する畑はソフォロ (*soforo*) と呼ばれ、それ以上の遠距離の畑はクンゴフォロ (*kungoforo*) と呼ばれる。ソフォロ畑とクンゴフォロ畑は互いに隣接してそれぞれ一塊りを成している。クンゴフォロ畑の外側の農地は、他の *du* のクンゴフォロ畑である。

ソフォロとクンゴフォロ、*du* 畑と *kabila* 畑の 2 つの基準で区分すると、シャカブグ村の農地は①ソフォロ-*du* 畑、②ソフォロ-*kabila* 畑、③クンゴフォロ-*du* 畑、④クンゴフォロ-*kabila* 畑の 4 種類に区分される。ジャロ *du* における 2008～2010 年の 3 年間の作付パターンとして、[早生大粒トウジンビエ]、[早生大粒トウジンビエ+ササゲ]、[ソルガム]、[晩生小粒トウジンビエ]、[スイカもしくはウリ] の 5 種類が確認された（表 2）。どの畑も年一作である¹¹⁾。

村民は、フガチニ内にある夜間ウシ留置き場や、屋敷地内にあるヤギとヒツジ、ロバ留置き場から採取した糞や残餌をロバ車で *du* 畑や *kabila* 畑に運び、施用する。ロバ車の積載重量を 271kg（風乾重）と見積もって¹²⁾、ジャロ *du* における 2008～2010 年の施肥量を聞き取りによって調べた（表 2）。ソフォロ-*du* 畑への施肥量が他の種類の畑に比べてかなり大きいことがわかる。ソフォロ-*du* 畑の面積は 3.7ha であり、1 年間に平均約 32.2 トンの牛糞堆肥を夜間ウシ留置き場から運んで施用している。他の畑の場合、2～4 年間に一回施肥されるのに対して、ソフォロ-*du* 畑には毎年施肥される。次いで施肥量が

10) 例外として、シャカブグ村のジャロ *du* では、同 *du* を構成する 5 つの *kabila* それぞれがフガチニ内の別々の場所に夜間ウシ留置き場を設置し、*du* 長の所有するウシを分割して留め置く。ジャロ *du* の総ウシ頭数が他の *du* に比べて多いことがその一因と考えられる。

11) マリでは、一般の農家が換金作物ラッカセイを畑で栽培する。ジャロ *du* もラッカセイ畑を保有する。屋敷地の周囲に一塊りとしてあるクンゴフォロ畑から離れて、数筆のクンゴフォロ畑が飛び地的にある。この飛び地クンゴフォロ畑でラッカセイを栽培する。

12) 2 標本の重さをばねばかりで現地測定し、生重の平均値をとり、風乾重との換算比率を用いて風乾重を算出した。

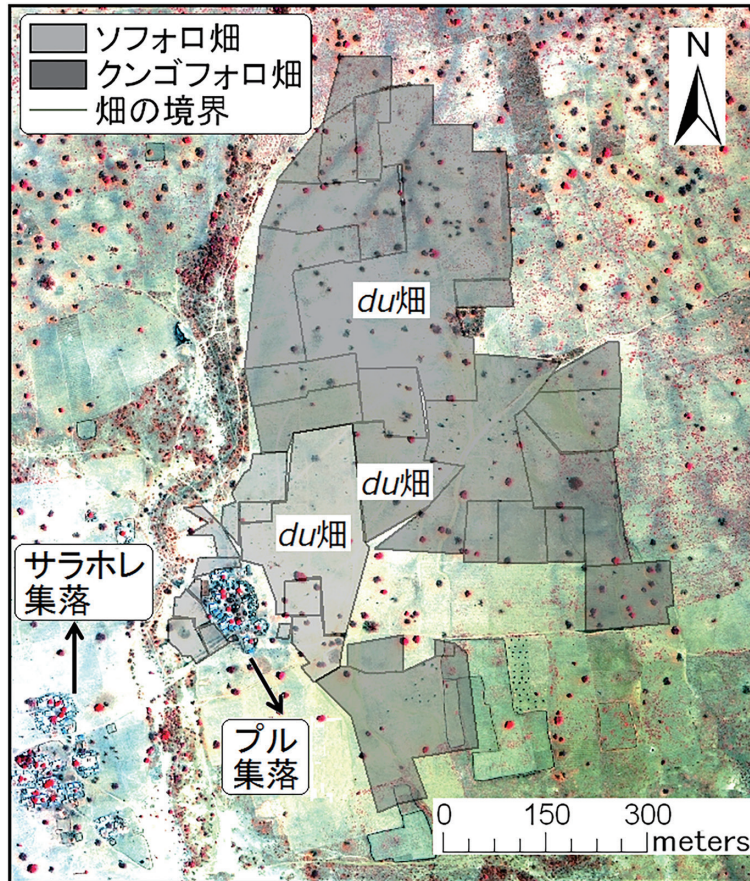


図3 ジャロ du のソフォロ畑とクongofo畑

注：図中、「du畑」はソフォロ－ du畑かもしくはクongofo－ du畑の位置を示す。それ以外の畑は、ソフォロ－ kabila畑かもしくはクongofo－ kabila畑である。

表2 ジャロ du の2008～2010年の作付パターンと家畜糞堆肥施用量

畑区分	作付パターン					家畜糞堆肥施用量 (t/ha/年)	
	畑内訳		総作付数 ^a	作付パターン	総作付数	年平均施肥量 ^b	畑1筆あたり年施肥量
	筆数	面積 (ha)					
ソフォロ－ du畑	1	3.7	3	[早生大粒トウジンビエ]	3	8.7	8.7 (n = 1)
ソフォロ－ kabila畑	11	2.7	33	[早生大粒トウジンビエ]	33	4.0	5.1 ± 2.9 (n = 11)
クongofo－ du畑	2	10.3	6	[晩生大粒トウジンビエ+ササゲ]	6	0.7	1.1 ± 1.0 (n = 2)
クongofo－ kabila畑	21	23.4	63	[晩生大粒トウジンビエ+ササゲ]	53	3.2	4.4 ± 2.3 (n = 21)
				[ソルガム] +	4		
				[晩生大粒トウジンビエ+ササゲ]	3		
				[スイカもしくはウリ]	1		
				[早生大粒トウジンビエ]	1		
[晩生小粒トウジンビエ]	1						
[ソルガム]	1						

注：^a 総作付数とは、ある畑における2008～2010年の合計作付回数をさす。例えば、ソフォロ－ du畑の場合、年間作付回数は1であるから総作付数は3となる。^b 全畑への2008～2010年の全施肥量を総面積×3で除した。

表3 ソフォロー-du畑とクンゴフォロー-du畑の土壌分析結果

	n	pH	全有機態炭素	全窒素	C/N比	可給態リン酸	CEC	Na	K	Ca	Mg
ソフォロー	8	6.8 ± 0.2*	0.13 ± 0.07	0.02 ± 0.01	7.9 ± 3.6	2.0 ± 0.3	1.8 ± 1.0	微量	0.01 ± 0.02	1.1 ± 0.7	微量
クンゴフォロー	8	6.2 ± 0.2*	0.09 ± 0.05	0.01 ± 0.01	8.0 ± 5.7	1.9 ± 0.3	2.4 ± 0.8	微量	0.01 ± 0.01	1.4 ± 0.5	微量

注：単位は、全有機態炭素と全窒素（%）、可給態リン酸（mg/kg）、CEC・Na・K・Ca・Mg（cmol/kg）。*印がある項目間に5%水準で有意差あり（t検定）。

多いのは *kabila* 畑である。畑への年平均施肥量に関して、ソフォロー-*kabila* 畑とクンゴフォロー-*kabila* 畑との間に有意差（5%水準）はみられなかった。年平均施肥量が最も少ないのは、クンゴフォロー-du畑である¹³⁾。村民はソフォロー-du畑への施用を優先し、夜間ウシ留置き場の堆肥量に余裕がある場合、クンゴフォロー-du畑に施用すると言う。

2010年12月に、ソフォロー-du畑とクンゴフォロー-du畑からそれぞれ土壌8標本を採取し、pH(H₂O)と有機態炭素、全窒素、可給態リン酸、CEC、交換性塩基(Ca・Mg・K・Na)を測定した。測定は、農業省ソトバ農業試験場(バマコ)で行った(表3)。ソフォロー畑により多くの牛糞堆肥を施用した結果、土壌のpHと有機態炭素、全窒素、可給態リン酸の上昇がみられた。ソフォロー畑とクンゴフォロー畑間で有意差(5%水準)を示したのはpHのみであった。これはアルカリ性の牛糞堆肥(pH=約8.6、表6)を長期にわたり施用した結果と思われる。

2.3 ウシ頭数の推移と放牧・移牧パターン

フガバ草地とフガチニ草地に設置されたウシ夜間留置き場を、第3章で行ったアクション・リサーチの主な試験区とした。このため、フガバ草地を利用するシャカブグ村周辺村民の2000年から2010年にいたるウシの放牧・移牧パターンと堆肥利用の現状を、聞き取りと現地観察によって調査した。調査対象は、2009年にフガバ草地を放牧地として利用した5村と1町の13のduである(シャカブグ村4duとシャンコロ村5du、セリブグ村1du、カンバ村1du、ジェダブグ村1du、ボアディエ町1du)。13のduの民族構成は、プルが5、サラホレが5、バンバラ(マンデ系農耕民)が3であった。

2000年と2009年および2010年の3期間にわたるウシ所有頭数を次のように推測した。まず、2010年のウシ所有頭数を放牧地で数え、記録した。次に、この頭数にもとづいて2009年と2000年の所有頭数をウシ所有者と牛追い人の双方に質問した。

プルの5duの長が所有するウシのduあたり頭数は、2000年と2009年、2010年にかけて70 ± 22、66 ± 48、62 ± 56(平均 ± 標準偏差)と推移した。その他、プル以外の農耕民8duの長が所有するウシのduあたり頭数は同じく、58 ± 26、39 ± 11、40 ± 8と推移した。プルと非プルとの間に有意差はなかった(t検定、5%水準)。また牡牛と乳牛、子牛の頭数間でも民族間に有意差は認められなかった。共通しているのは、どの民族をみてもウシ頭数が年々減少の傾向をたどっていることである(3年間で有意差なし、一元一次分散分析、5%水準)。

昼間放牧地と、夜間留置き場の位置、ウシ水飲み場の位置、牛糞尿利用の4点に着目すると、フガバ

13) ジャロ du のクンゴフォロー-du畑は2筆ある。第1畑(1.75ha)への3年間の施肥量は、0t(2008年)、5.4t(3.1t/ha、2009年)、4.3t(2.5t/ha、2010年)であり、同じく第2畑(8.59ha)は、0t(2008年)、0t(2009年)、10.8t(6.2t/ha、2010年)であった。

表4 フガバ草地を主に雨季放牧地として利用するシャカブグ村民とシャンコロ村民のウシ年間放牧・移牧パターン

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
シャカブグ村 プル サラホレ	←→		←→				←→		←→			←→
	収穫後の du 畑 畑上の移動留置き場 集落近くの浅井戸 糞尿を du 畑に落とす		移牧 (シカソ州ヤンフリラ地方)				フガバ草地 フガバ留置き場 ガリなど水溜り 未利用 (放置)		ボアディエウエレ村草地 フガチニ留置き場 1.5km 東にある池 集めて du 畑に播く			
シャンコロ村 プル	←→		←→				←→		←→			←→
			移牧 (シカソ州ボゴニ地方)				フガバ草地 フガバ留置き場 ガリなど水溜り 未利用 (放置)		ジェダブグ村草地 ジェダブグ村草地留置き場 ニジュール川支流 未利用 (放置)			
シャンコロ村 バンバラ	←→		←→				←→		←→			←→
	収穫後の du 畑 畑上の移動留置き場 集落近くの浅井戸 糞尿を du 畑に落とす		移牧 (シカソ州ボゴニ地方)				フガバ草地 フガバ留置き場 ガリなど水溜り → 1.5km 東にある池 集めて du 畑に播く					

注：各期間の放牧パターンを上から昼間放牧地、夜間留置き場の位置、ウシ水飲み場の位置、牛糞尿利用の順に並べて記した。

草地を主に雨季放牧地として利用する6村の13duの年間放牧と移牧パターンには、3種類のパターンが観察された。表4に、その3種類のパターンをシャカブグ村のプルとサラホレ、シャンコロ村のプル、シャンコロ村のバンバラを例にとって示した。どのパターンにおいても、①2月中下旬から7月中旬にかけてマリ国南部のシカソ州にすべてのウシを移牧に出すこと、②7月中旬から9月中下旬にかけてフガバ草地に留置き場を設置して、ここに夜間のみウシを係留し、昼間はフガバ草地に放牧するという2点が共通している。3パターン間で異なるのは9月中下旬から移牧開始前2月中下旬にかけての放牧方法である。

村あるいは民族間でなぜ放牧・移牧パターンに違いがみられるのかについて、ここで指摘しておきたい。シャカブグ村民は、9月中下旬にフガバから屋敷地近くのフガチニにウシ留置き場を移す。そして昼間放牧地もフガバ草地から隣村ボアディエウエレにある礫混じりの草地に移す。シャンコロ村に居住するプルも9月中下旬にウシ留置き場の位置と放牧地を変える。これは次の二つの理由による。

第一に、9月中下旬以降、フガバ草地近辺にウシの飲料水源がなくなるためである。フガバ草地内には大きな溜池や家畜飲料水用の井戸がない。7月中下旬から9月中下旬にかけては、フガバ草地内のガリや小窪地にできた水溜まりが家畜の飲料水源となる。ところが9月中下旬以降には、これら水溜りの水が干上がってしまい、家畜は飲料水源を失う。

第二に、9月中下旬以降、フガバ草地にはウシが好んで食べる短草のバイオマス量が少なくなるためである。ガサン (*Loudetia togoensis*) やヤヤレ (*Andropogon pseudapricus*) といった長草の場合、ウシは雨季初めの新芽が出る時期のみこれら長草を好んで食べる。しかし、これら長草が開花期を迎え、種子を宿し始める9月中下旬以降、ウシは長草を避けるようになる。そして9月中下旬以降、降水量が減るとともに、フガバ草地の短草が放牧ウシによって食べつくされるいわば過放牧状態を迎えるようになる。

一方、シャンコロ村のバンバラは9月中下旬以降も留置き場と放牧地を変えない。ウシは、村の屋敷地とフガバ草地との中間付近にある溜池を飲料水として使い、9月中下旬以降、他の du のウシが他所に放牧地を移して放牧頭数が少なくなったフガバ草地に残った短草を主に食べながら11月下旬までフ

ガバ草地で放牧を続ける。彼らは、7月中下旬から11月下旬までフガバ草地内の留置き場にウシを夜間に留め置く。この3か月半の期間にわたって留置き場には牛糞が蓄えられる。彼らは、留置き場に蓄積した牛糞をロバ車を使って屋敷地に持ち帰り、*du* 畑に播く。9月中下旬以降も留置き場と放牧地を変えないのは、意図的に牛糞を長期間にわたり留置き場に蓄積し、堆肥として利用するからだと言う。

このように、ウシの移牧・放牧パターンを決める要因として、安定した飲料水源の位置と、餌となる牧草の量と質、および牛糞堆肥利用の三つが主にある。これら3要因のうち特に飲料水源と牧草の質・量の2要因は、季節的にも空間的にも大きく変動する。これに対応するため、同じ村内の民族が共通にもつ規範をもとに、*du* 単位でウシの移牧・放牧パターンを決めてきた。

ウシの移牧・放牧パターンの特徴としてもう一点指摘したいのは、村民は夜間ウシ留置き場と昼間放牧地の位置を条件に応じて変えることである。7月中下旬から9月中下旬にかけての放牧地のみに着目して、6村・町の13の*du*が2000年と2009年に夜間ウシ留置き場をどのように変えたかを図4に示した。昼間放牧地はほぼ夜間留置き場の周辺地区と考えてよい。例えば、フガバ内に夜間ウシ留置き場が

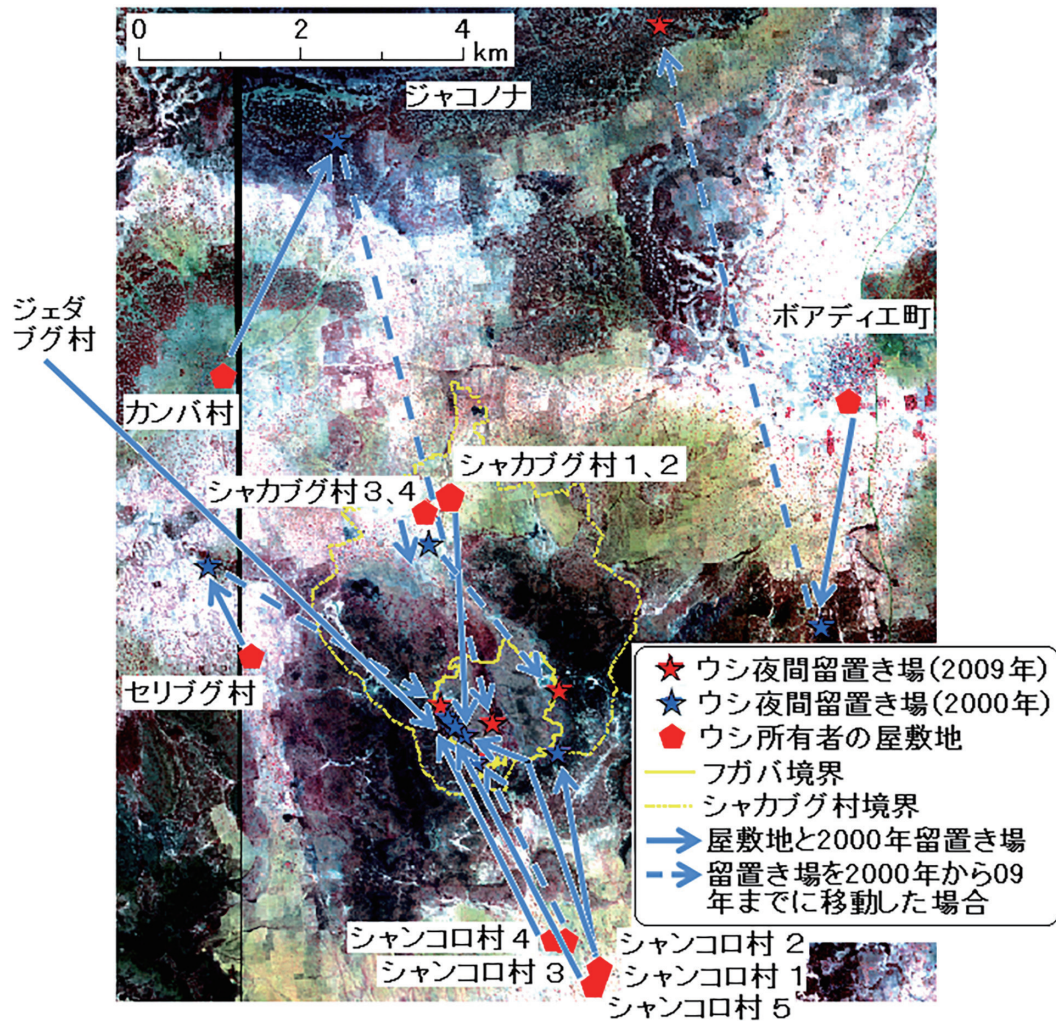


図4 夜間ウシ留置き場の変遷（2000年の位置と2009年の位置）

注：背景は衛星画像(Quick Bird,2009年9月撮影)。植生が赤になるようにフォルスカラー処理している。濃い赤色ほど植生バイオマス量が多いことを示す。白く見える箇所は概ね農地、赤もしくは黒く見える箇所は概ね林地あるいは草地。

表5 牛糞堆肥利用の現状

村と民族	牛糞を堆肥として利用している期間	同じく堆肥として利用していない期間
シャカブグ村 (プルとサラ ホレ)	合計約5カ月間 ①9月中下旬～11月下旬(フガチニ内夜間留 置き場の堆肥を集めて <i>du</i> 畑に播く) ②11月下旬～2月中旬(昼夜 <i>du</i> 畑上に放牧。 牛糞尿が直接畑に落ちる)	合計約7カ月間 ①7月中下旬～9月中下旬(フガバ内留置き 場の牛糞をそのまま放置) ②2月中旬～7月中下旬(シカソ州に移牧)
シャンコロ村 (プル)	該当期間なし	合計12カ月間 ①7月中下旬～9月中下旬(フガバ内留置き 場の牛糞をそのまま放置) ②9月中下旬～2月中旬(ジェダブグ村に移牧) ③2月中旬～7月中下旬(シカソ州に移牧)
シャンコロ村 (バンバラ)	合計約7カ月間 ①7月中下旬～11月下旬(夜間留置き場の堆 肥を集めて <i>du</i> 畑に播く) ②11月下旬～2月中旬(昼夜 <i>du</i> 畑上に放牧。 牛糞尿が直接畑に落ちる)	合計約5カ月間 ①2月中旬～7月中下旬(シカソ州に移牧)

ある場合、フガバ全域が昼間の放牧地であることが多い。特徴として見て取れるのは、第一に、ウシ所有者は、ウシ所有者の屋敷地から4～5km離れた草地もしくは林地に夜間ウシ留置き場と放牧地を設置することである。聞き取りでは、雨季の夜間留置き場と放牧地を選ぶ条件として、ウシが好む牧草種の存在と草本バイオマス量の多寡、ウシの水飲み場となる水源の存在などがある。実見やウシ所有者間の情報交換によってこれらの条件に見合う土地の情報を入手し、夜間留置き場と放牧地の位置を決めている。第二に、放牧地の位置がこれらの条件に見合わなければ、ウシ所有者は比較的頻繁に放牧地を変えることである。全13*du*のウシ所有者のうち、5つの*du*が2000年と2009年とで夜間留置き場を変えている(図4)。

3. 牛糞尿の有効利用に関するアクション・リサーチ

3.1 二つの牛糞尿有効利用技術と在地の牛糞堆肥技術

牛糞堆肥利用は、ウシの季節的放牧・移牧パターンに大きく左右される。シャカブグ村とシャンコロ村の村民が牛糞を堆肥として利用している期間と、利用していない期間について、表5に示した。牛糞尿を作物の栄養源として畑に還元していない期間を整理すると、どの村のどの民族においても次のいずれかの場合に分けられる。一つは、他所にウシを移牧している場合。もう一つは、雨季7月中下旬～9月中下旬にフガバ草地内の夜間留置き場に蓄積した牛糞を、留置き場を移転した以降もそのまま放置している場合である(シャカブグ村民とシャンコロ村のプル)。シャカブグ村周辺地区では、飼料となる牧草がいずれも2月中旬から7月中下旬の時期に枯渇してしまうことを考慮すると、前者の移牧行為を変えることはかなり難しい。そのうえで*du*畑に施用する有機肥料量および栄養量を増やすための方策として、フガバ草地の留置き場に放置された牛糞を利用することと、在地の牛糞利用技術を改良して、より有効に牛糞尿を利用する技術を推奨することが考えられる。

3.2 アクション・リサーチの方法

次の二つのアクション・リサーチ（以下 AR とする）を実施した。[AR1] フガバ草地内の夜間ウシ留置き場とその周辺に放置された牛糞を拾い集めてこれを利用する。[AR2] 夜間ウシ留置き場の床に敷料を敷き詰めることで、牛糞尿の堆肥有機質材としての質を高めるとともに、有機肥料量を増やす（これを以下に、敷料技術あるいは敷料技術 AR と呼ぶ）。[AR2] では、敷料技術の対照試験として、ウシ留置き場の床に敷料を敷かず牛糞堆肥を同時に作成し、在地の牛糞堆肥作成技術（以下に、在地技術と呼ぶ）を評価した。

在地技術を含めて、3 技術を使って作成した有機肥料の量と質（成分量）、および 3 技術の実施過程をモニタリングして得られた資本生産性（ウシ 1 頭 1 日あたりの栄養供給量）および労働生産性（作業量あたりの栄養供給量）に関する指標値を互いに比較した。最後に、推奨すべき新しい牛糞尿の有効利用技術について検討した。

3.2.1 フガバ草地内の夜間ウシ留置き場とその周辺に放置された牛糞を拾い集めて利用する [AR1]

シャカブグ村のプルとサラホレはともに、毎年 9 月中下旬になると、夜間留置き場をフガバ草地からフガチニ草地に移す。彼らはその際に、フガバ草地のウシ留置き場に蓄積した牛糞を放置し、堆肥として利用しない。これら放置された牛糞を堆肥として利用する考えは、現実的であろうか。

2010 年 7 月中下旬から 9 月中旬にかけてフガバ草地内の二つのウシ夜間留置き場（ジャロ *du* の 1 留置き場と、シャカブグ村サラホレに属するトラオレ *du* の 1 留置き場）に放置された牛糞を、同年 9 月 28 日に拾い集めて、夜間ウシ留置き場の一カ所に留め置いたロバ車に運んでもらった。ばねばかりを使って、収集した牛糞の生重を現地測定した。その後、その牛糞から約 1kg の標本を風乾させて風乾重を測定し、生重と風乾重の比率を求めた後、収集した全牛糞の風乾重を算出した。また、牛糞を拾い集めてロバ車に運ぶ作業に要した時間を測定し、労働量（＝労働従事者数×総所要時間）を計算した。

3.2.2 敷料技術 AR [AR2]

ウシ留置き場の土壌は礫質もしくは砂質であり、ここに排泄されしばらく放置された牛糞中の有機・無機窒素分の多くは、気化と溶脱によって失われることが容易に予測される。このような状況を改善するために、ウシ留置き場の床に敷料を敷き詰める敷料技術 AR を実施した。敷料利用には一般に、畜体の保護（保温や転倒防止、畜体の汚染軽減など）、悪臭の軽減、有機肥料化のための糞尿の水分調整といった目的がある（中央畜産会 1987）。敷料の利用によって、敷料上に落ちた牛糞中の有機・無機分の溶脱を抑えるとともに、尿を敷料に吸収させることで尿の有機肥料利用を図ることができる。

ケニア中央高地（年平均降水量 1100mm 超）では、現地名で *boma* と呼ばれるウシ留置き場に有機質材からなる敷料を敷く技術が一般的にみられる。この有機質材として、トウモロコシの残秆・残渣やバナナの残渣、草などが用いられ、Lekasi et al. (2003) の調査世帯の 69% が敷料技術を利用していた。一方、綿花の主産地であるマリ国南部（スーダン気候区あるいはギニア気候区、年平均降水量 900～1100mm 超）では、Blanchard et al. (2013) の調査世帯の 8～16% が改良ウシ留置き場（improved pen）に作物残秆・残渣を敷料として用いていた。改良ウシ留置き場は、在地のウシ留置き場よりも面積を広くした牛床に作物残渣や残秆を敷き詰め、牛糞とのコンポストを作る牛糞尿の有効利用技術である（Critchley 1991: 62）。この改良ウシ留置き場は、1990 年代に綿花公社の農業普及部によって普及が推し進められた技術である（Landais and Lhoste 1990）。普及当時は、運搬用具（ロバ車）を所有する富裕農家層のみがこの技術を導入したが、現在ではロバ車を一般農家も所有するようになって、零細農

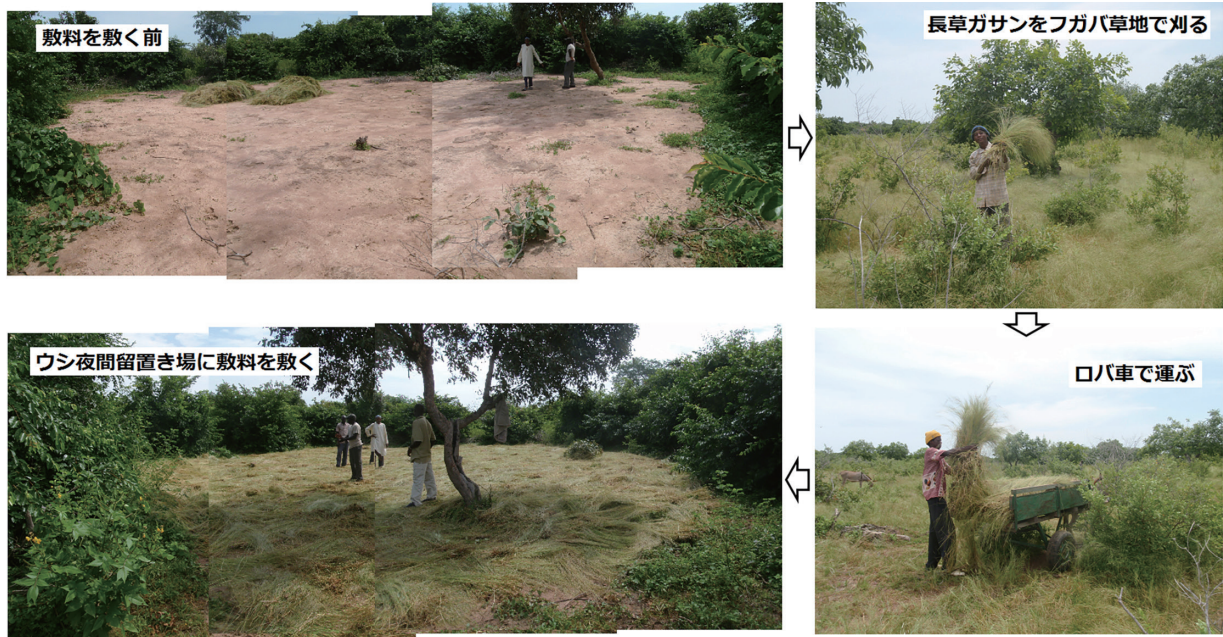


写真1 フガチニ草地内の夜間ウシ留置き場に敷料を敷き詰める（ジャロ du ダウダ kabila の留置き場）

家の中にも作物残桿・残渣の敷料技術を利用する農家が出てきた (Blanchard et al. 2013)。在地のウシ留置き場に作物残桿・残渣を敷料として用いる技術は、シャカブグ村周辺でも散見されるが、雑草を敷料として用いる技術はシャカブグ村周辺にはなく、またマリ国南部綿花主産地を含むマリ国内の他所からも報告がない。

2010年9月29日に、ジャロ du に属するダウダ kabila とトラオレ du のフガチニ草地の夜間ウシ留置き場1カ所、計2カ所の牛床それぞれに、ロバ車4台分 (7.8m³ に相当) の長草ガサン (*Loudetia togoensis*) を敷き広げた (写真1)¹⁴⁾。ガサン草を採取したのはフガバの北東部であり、草を刈り取った後にロバ車で満載してウシ留置き場に運び入れた。雨季の終わりのこの時期、フガバ草地にはガサンやヤヤレ (*Andropogon pseudapricus*) などウシが避ける長草がかなりの量、確認される。ガサン敷料を牛床に敷き詰めた後、通常通り夜間にウシを留め置いた。敷料の効果を確かめるために、敷料を利用しない2カ所の夜間ウシ留置き場の牛床に堆積した牛糞を対照区とし、その牛糞堆肥を計測した。対照区としたウシ留置き場は、ジャロ du に属するバ kabila と同 du ハマディ kabila が管理していた。

敷料技術 AR 開始後、しばらくして、敷料を設置した留置き場を管理するダウダ kabila とトラオレ du の村民が、AR 進行中のウシ留置き場に、再びガサン草を追加することを強く希望した。このため、村民と話し合っ、牛床にあった有機質材 (牛糞とガサン草の混合物) の一部 (仮に、風乾重割合 $\chi\%$ とする) をダウダ kabila とトラオレ du の別の夜間ウシ留置き場に移動して (敷料技術 AR の開始13日後)、その後の有機質材の堆肥化の過程をモニタリングすることにした。別の留置き場に移動する際には、新しい留置き場における有機質材の高さが前の留置き場と同じになるように注意した。敷料を敷いていない2カ所の夜間ウシ留置き場においても、有機質材の腐熟と堆肥化の条件を同一にするために、AR 開始13日目に牛床にあった牛糞の一部を移動して、その後の過程をモニタリングした。

14) ダウダ kabila とトラオレ du のウシ留置き場面積はそれぞれ 431m² と 268 m² である。それぞれ平均 1.8cm と 2.9cm 厚さでガサン草を敷き詰めた。

敷料技術 AR を開始した 6 日目と 13 日目（移動直前）に、4 カ所の留置き場の牛床に蓄積した有機質材の量を測定した。1 カ所の留置き場あたりの有機質材の重量は数トン規模になることが予想されたため、次の簡易測定法をとった。堆積した有機質材の高さを留置き場内 20 カ所で無作為に測定し、この平均値に留置き場の面積を乗じて有機質材の体積を計算した。その後、牛床から生重約 1kg の有機質材 3 標本をとり、風乾させた標本の風乾重と体積を測定して有機質材の比重を求めた。有機質材の体積の合計に比重を乗じて、牛床に蓄積した有機質材の全質量（風乾重）を推定した。

2011 年 7 月 2 日に、留置き場に蓄積した牛糞堆肥を運搬用の袋に移し替えた。袋に満載した堆肥 3 標本の重さをばねばかりで測定し、平均値をとって 1 袋あたり堆肥重量（風乾重）とした。作成した堆肥の風乾重を、運搬用の袋数×1 袋あたり乾燥重によって推定した。こうして求めた堆肥の推定風乾重を $100/\chi$ 倍して（留置き場を移動したときに、風乾重割合 $\chi\%$ の有機質材のみを移動したため）、留置き場を移動しなかった場合に作成された牛糞堆肥の推定風乾重とした。各留置き場から牛糞堆肥 2 標本ずつを採取し、計 8 標本について有機物含量と全窒素、全リン酸、全カリをソトバ農業試験場で測定した。

2010 年 9 月 29 日から 13 日間にわたり、4 カ所の留置き場に夜間留め置いたウシの頭数を実測し、堆肥全重量をウシ頭数×留置き日数で除してウシ頭・日あたり堆肥量を計算した。子牛の排泄する糞尿は成牛よりも少ないので、子牛 1 頭は成牛 0.5 頭として計算した。ウシが 1 頭・1 日あたりに排出する堆肥量に堆肥の成分含量をかけて、ウシ頭・日あたり畑への栄養（窒素・リン酸・カリ）供給可能量を計算した。

敷料技術 AR の実施期間中（2010 年 9 月 29 日から 2011 年 7 月 2 日）、敷料技術は、牛追い人によるウシの放牧と世話（2010 年 9 月 29 日から 13 日間）、ガサン草の採集とウシ留置き場への運搬・敷設作業、畑への堆肥施用作業といった作業を要した。各作業に要した時間を測定し、作業量（=成人数×総時間）に換算した。同様に、在地技術に関する作業は、牛追い人によるウシの放牧と世話と、畑への堆肥施用作業のみであった。堆肥全重量を総作業量で除して所要作業量あたり堆肥量を計算した。所要作業量あたり堆肥量に堆肥の成分含量をかけて、所要作業量あたり畑への栄養供給可能量を計算した。

3.2.3 統計分析

敷料技術と在地技術を用いて作成された牛糞堆肥の (i) 成分含量（全窒素と全リン酸、全カリ、全炭素¹⁵⁾）と C/N 比（各技術 $n = 4$ ）、(ii) ウシ 1 頭・1 日あたり堆肥量（各技術 $n = 2$ ）、(iii) ウシ頭・日あたり畑への栄養供給量（窒素とリン酸、カリウム量）（各技術 $n = 4$ ）、(iv) 所要作業量あたり堆肥量（各技術 $n = 2$ ）、(v) 所要作業量あたり畑への栄養供給量（各技術 $n = 4$ ）の平均値間に差があるかどうかを有意水準 0.05 で t 検定した。統計分析には SPSS ver. 20（IBM 社）を用いた。

3.3 結果

3.3.1 フガバ夜間留置き場に放置された牛糞を拾い集める [AR1]

ジャロ *du* のフガバ草地の夜間留置き場では、総勢 4 人で 3 時間 43 分をかけて 617kg の牛糞を集めた。同様に、トラオレ *du* の夜間留置き場では、総勢 4 人で 2 時間 54 分をかけて 421kg の牛糞を集めた。ジャロ *du* の長は現在 198 頭のウシを所有しており、ジャロ *du* 村民が *du* 畑に施用する牛糞堆肥量は年平均

15) ソトバ試験場で測定した全有機物含量から全有機炭素量を推定し（Jiménez and García 1992）、さらに C/N 比を計算した。

表 6 在地の牛糞堆肥作成技術と、敷料を用いた堆肥作成技術の栄養供給量と資本生産性、労働生産性

	堆肥量 (kg)	成分含量 (pH と C/N 比以外、%)							ウシ頭・日あたり堆肥量と栄養供給量 (資本生産性)					作業量あたり堆肥量と栄養供給量 (労働生産性)					
		pH	N	P	K	C	C/N 比	ウシ頭数	係留日数	頭・日あたり量 ^a	N ^b	P ^b	K ^b	作業量 ^c	作業量あたり量 ^d	N ^e	P ^e	K ^e	
在地技術	バ <i>kabila</i>	2,353	8.7	1.24	0.13	0.48	20	16	39.5	13	4,583	56.8	6.0	22.0	173	13,573	168.3	17.6	65.2
	ハマデイ <i>kabila</i>	3,961	8.5	1.35	0.17	0.51	23	17	71.5	13	4,261	57.5	7.0	21.7	185	21,379	288.6	35.3	109.0
	平均	3,157	8.6	1.30	0.15*	0.50	21	16	55.5	13	4,422	57.2*	6.5	21.9	179	17,476	228.5	26.5	87.1
敷料技術	ダウダ <i>kabila</i>	7,409	8.6	1.18	0.09	0.49	19	17	63	13	9,047	106.8	8.1	44.3	217	34,131	402.7	30.7	167.2
	トラオレ <i>du</i>	2,552	8.7	1.23	0.10	0.45	21	18	34.5	13	5,690	69.7	5.7	25.3	181	14,099	172.7	14.1	62.7
	平均	4,981	8.6	1.20	0.10*	0.47	20	17	48.8	13	7,368	88.2*	6.9	34.8	199	24,115	287.7	22.4	115.0
敷料技術の増分 (%)	58	0	-7	-36	-6	-9	-1	-12	0	67	54	6	59	11	38	26	-15	32	

注：^aウシ頭・日あたり堆肥量 (g/[頭・日])。 ^bウシ頭・日あたり畑への栄養供給量 (g/[頭・日])。 ^c堆肥作成に要した作業量 (人・時)。 ^d作業量あたり堆肥量 (g/[人・時])。 ^e作業量あたり畑への栄養供給量 (g/[人・時])。 *印がある項目間に 5% 水準で有意差あり (t 検定)。

39.4 トンにおよぶ。これに比べれば、4 時間弱・4 人をかけて集めた牛糞量 400～600kg はわずかとも言える量である。一般に成牛は 20～30kg/[頭・日] の糞を排泄する (Berger 1996)。フガバ夜間留置き場には約 2 カ月間にわたって留め置かれるにもかかわらず、留置き場周辺から集め得た糞量はわずか 3.1kg/頭 (ジャロ *du*) ～7kg/頭 (トラオレ *du*) であった。フガバ留置き場滞在期間中の昼間、ウシはかなりの広範囲で移動放牧されることと、雨による牛糞流出の 2 点が、集め得た糞量が少ない主因と考えられる。フガバ草地内留置き場周辺から未利用牛糞を堆肥材料として集める考えは現実性に乏しいと言えそうである。

3.3.2 在地技術と敷料技術 [AR2]

在地技術と敷料技術に関して、次の 4 点について両者を比較した。第 1 点は、堆肥の質 (すなわち腐熟度と成分含量) と量である。敷料技術を用いて作成した牛糞堆肥 (以下、敷料堆肥と呼ぶ) の C/N 比は平均 16、在地技術を用いて作成した牛糞堆肥 (以下、在地堆肥) の C/N 比は平均 17 であった (表 6)。熟成堆肥の C/N 比は 10 から 15 なので (Román et al. 2015: 19, Table 7)、敷料堆肥と在地堆肥のいずれも畑に施用するときにはほぼ熟成していたと言える。堆肥の成分含量分析結果をみると (表 6)、在地堆肥のリン酸量が、敷料堆肥に比べて有意に高い値を示した。これは、副資材として投入したガサン草に含まれるリン酸量が牛糞に比べて少ないためと考えられる¹⁶⁾。

第 2 点目は、ウシという村民にとっての資本を用いてどれだけ効率的に堆肥を生産したか。すなわち、資本生産性の指標である。堆肥量は、在地技術の平均 3,157kg から敷料技術の平均 4,981kg になり、58% 増加した (表 6)。ウシ頭・日あたり堆肥量を比較すると、在地技術による牛糞堆肥量 (平均値約

16) ガサン草の成分分析をして得た知見ではないが、成熟した牧草の全リン量は一般に 0.07～0.13% を示す (Gastler and Moxon 1944)。一方、乾燥牛糞の全リン量は 0.23～0.27% である。

4.4kg/ [頭・日]) に比べて敷料堆肥量 (平均値約 7.4kg/ [頭・日]) は 67% 増加し、敷料技術による有機肥料量の増加が認められた。また、在地堆肥に比べて敷料堆肥はウシ頭・日あたり畑への窒素供給量で 54%、リン酸供給量で 6%、カリ供給量で 59% 多く (窒素のみ有意に多い)、敷料技術実施による畑への栄養供給量の増加が認められた。

第 3 点目は、敷料とする有機質副資材の収集と運搬、敷設にかかわる労働力を付加的に加えた結果、堆肥量と畑への栄養供給量がどう変化したか。労働生産性の指標と言える。総作業量は、在地技術の平均 179 人・時から敷料技術の平均 199 人・時になり、11% 増加した¹⁷⁾。この結果、敷料技術の作業量あたり堆肥量は、在地技術よりも 38% 増加した (表 6)。また、作業量あたり畑への窒素とカリ供給量は、敷料技術の実施によって、それぞれ 26% と 32% 増加したが、リン酸供給量は逆に 15% 低下した。敷料を牛床に敷くことによって、ほとんどの労働生産性は、畑へのリン酸供給量を除いて増加したが、その増加率は資本生産性の増加率に比べて低かった。

敷料技術 AR を行ったダウダ *kabila* とトラオレ *du* のフガチニ草地における夜間ウシ留置き場では、モニタリングを継続するために、留置き場内の有機質資材を他の留置き場に移した。その後、ダウダ *kabila* とトラオレ *du* の村民は 10 月中にもう一度フガバ草地からガサンなどの長草を自主的に刈り取って牛床に敷料として敷き詰めた。このように、余剰労働力と村内の長草の賦存量にもとづいて敷料を繰り返し設置することで、牛糞堆肥量を増やすことができる。

3.4 最後に：推奨する牛糞尿の有効利用技術

敷料技術は、村民の現有資本であるウシと、村内で入手可能であり、かつ、あまり付加価値のない有機質資材を副資材として用いて、ウシ頭・日あたり堆肥量と畑への養分供給可能量 (つまり資本生産性) および、作業人・時あたり堆肥量と畑への養分供給可能量 (つまり労働生産性) の双方を増やす牛糞尿の有効利用技術である。ただし、敷料技術の実施によって、総作業量は在地技術よりも 11% 増加し、リン酸供給量が低下した。資本生産性の増加率に比すると、労働生産性の増加率は堆肥量については約 3 割、作業量あたり畑への栄養供給量については約 2～3 割低い。すなわち、在地技術よりも労働量を多く用いて堆肥量と畑への養分供給量を増やすという意味で、在地技術よりも労働集約的であると要約できるであろう。

de Ridder et al. (2004) は、サヘルにおいて近年見られる土壤肥沃度管理 (「栄養分の域内循環」) を強化するために求められる新技術は、農民に新たな費用や外部資材を強えず現存する有機質資材を用いたものであり、労働投入量を増やしながらか生産性を上げる方向に進むとする。これは、資本集約的技術志向するものではなく、労働集約的技術に向かう傾向性をもつ。具体的には、堆肥施用技術であり、作物残渣を畑から屋敷地に持ち帰って家畜の餌にする慣行 (雑草対策に畑で作物残渣を焼却する村民が多い) や、作物残渣をマルチングとして用いる技術がその例である (Ayuk 2001; de Ridder et al. 2004)。Aune and Bationo (2008) は、トウジンビエとソルガムを基幹作物とする低生産性農業が集約化に向かう初期段階で導入されるべき新技術について同様の見解を示し、土壤肥沃度の管理技術の他にも労働集

17) 在地技術の作業量内訳は、牛追い人によるウシの世話 = 156 人・時、畑への堆肥施用 = 23 人・時。敷料技術の作業量内訳は、牛追い人によるウシの世話 = 156 人・時、ガサン草採集と運搬および敷設 = 6 人・時、畑への堆肥施用 = 37 人・時であった。

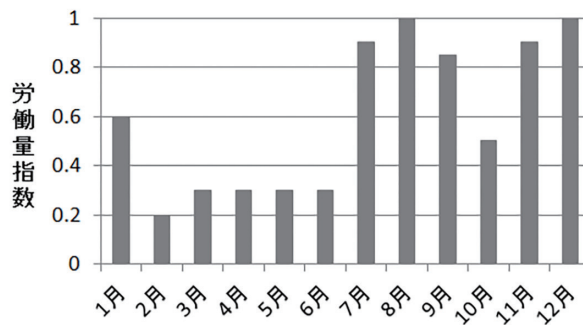


図5 シャカブグ村民の月ごとの労働量

注：労働量指数とは、最も多忙な月を1.0としたときの相対的労働量。

約的技術の例として、畑の耕起¹⁸⁾や除草¹⁹⁾、収穫作業をあげた。

労働条件に関して言えば、敷料技術には農民の労働事情に適する好条件がある。図5に、2009年1月にシャカブグ村民から聞き取った月ごとの労働量指数を示す。農民十数人が集まった場所で、月ごとの労働内容と労働量を聞き取った。農作業のみではなく、干しレンガ作り（家屋材料）や井戸修復などの生活に必要な労働作業をも含めた。7月から9月（堆肥施用や犁耕、畑準備、播種などの農作業）と11・12月（収穫や脱穀）は、農民が最も忙しい時期である。その中で、10月は比較的労働量が少ない。敷料技術はこの点からも比較的農民に受け入れられやすい技術と言える。

1990年代にマリ国南部の綿花主産地に発した運搬用具（ロバ車）の普及は、鋳型板犁シャーリユー（注18）参照）とともに調査地があるスーダン・サヘル気候区の一般農家にも及んでいる。運搬用具の制約がないことも、長草敷料技術の普及にとっては好条件と言えそうである。

長草敷料技術は、本調査地の農牧複合体系に調和し、これを強化する技術である。また、導入にあたって特殊な技能やトレーニングなどが必要ないことはモニタリングからも明白である。ガサンやヤヤレといった長草の敷料技術を新しい牛糞尿の有効利用技術として推奨する。

謝辞

調査村シャカブグ村の村民の方々と通訳のサンベ・サンガレ（Sambe Sangare）氏にこの場でお礼申し上げます。本調査の一部は、農林水産省の補助金調査であるアフリカ農村貧困削減対策検討調査事業・農業生産資源保全管理対策調査（2008年度から2011年度）の一環として行われました。ここに記して関係者の方々に謝意を表します。

18) シャーリユー（chaurue）と呼ばれる鋳型板犁による畑の深耕反転技術が1960年代初めに導入される前、村民は手押し鋤具ダバを使っていた。

19) ニジェール国南部のサヘル気候区の村で調査を行った大山（2010）は、トウジンビエ畑で行われる押し鋤を用いた厳しい除草作業（ハウサ語で *noma* と呼ばれる）について報告している。

参考文献

- 赤阪賢 (1970) 「マリ南部の市場集落の形成」『アフリカ研究』10: 6-23.
- Aune, J.B. and A. Bationo (2008) Agricultural intensification in the Sahel – The ladder approach. *Agricultural Systems* 98: 119-125.
- Ayuk, E.T. (2001) Social, economic, and policy dimensions of soil organic matter management in sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities. *Nutrient Cycling Agroecosystems* 61: 183-195.
- Becker, L.C. (1990) The collapse of the family farm in West Africa? Evidence from Mali. *The Geographical Journal* 156(3): 313-322.
- Berger, M. (ed.) (1996) Les fosses compostières. Fiche 3 dans «L'amélioration de la fumure organique en Afrique-soudano sahélienne.» Agriculture et développement, numéro hors-série 1996, CIRAD.
- Blanchard, M., J. Vayssières, P. Dugué, and E. Vall (2013) Local technical knowledge and efficiency of organic fertilizer production in South Mali: Diversity of practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37(6): 672-699.
- Breman, H., J.J.R. Groot, and H. van Keulen (2001) Resource limitations in Sahelian agriculture. *Global Environmental Change* 11: 59-68.
- 中央畜産会編 (1987) 『堆肥化施設設計マニュアル』中央畜産会。
- Critchley, W., edited by O. Graham (1991) *Looking After Our Land: Soil and Water Conservation in Dryland Africa*. Oxfam Publications.
- de Ridder, N., H. Breman, H. van Keulen, and T.J. Stomph (2004) Revisiting a 'cure against land hunger': Soil fertility management and farming systems dynamics in the West African Sahel. *Agricultural Systems* 80: 109-131.
- FAO (2004) Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture Report. FAO.
- Fox, P., J. Rockström, and J. Barron (2005) Risk analysis and economic viability of water harvesting for supplemental irrigation in semi-arid Burkina Faso and Kenya. *Agricultural Systems* 83: 231-250.
- Gandah, M., J. Bouma, J. Brouwer, P. Hiermaux, and N. van Duivenboode (2003) Strategies to optimize allocation of limited nutrients to sandy soils of the Sahel: A case study from Niger, West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment* 94: 311-319.
- Gastler, G.F. and A.L. Moxon (1944) Calcium and phosphorus content of grasses at different stages of growth. Agricultural Experiment Station Chemistry Pamphlets, Paper 1. South Dakota State University. https://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=agexperimentsta_chem
- 林慶一 (2005) 「西アフリカ・サヘル帯における農民レベルで実践可能な技術開発 – 在来情報の活用による劣化砂質土壌における土壌肥沃度管理手法の提案」『農林業協力専門家通信』25(6): 12-26.
- Hayashi, K., H. Shinjo, U. Tanaka, A. Tahirou, and R. Matsunaga (2006) Actual situation of local soil fertility management on agricultural land in the Sahel, West Africa. *JIRCAS Research Highlights* 13: 17-18.
- Hayashi, K., N. Matsumoto, E.T. Hayashi, T. Abdoulaye, H. Shinjo, R. Tabo, R. Matsunaga, and S. Tobita (2012) Estimation of nitrogen flow within a village-farm model in Fakara region in Niger, Sahelian zone of West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92(3): 289-304.
- 保坂実千代 (1991) 「一夫多妻拡大家族における家内空間 – 西アフリカ・バンバラ族の事例から –」『アフリカ研究』38(3): 103-113.
- Jiménez, E.I. and V.P. García (1992) Relationships between organic carbon and total organic matter in municipal solid wastes and city refuse composts. *Bioresource Technology* 41: 265-272.
- Landais, E. and P. Lhoste (1993) Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. II. Les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture. *Cahiers Agricultures* 2: 9-25.

- Lekasi, J.K., J.C. Tanner, S.K. Kimani, and P.J.C. Harris (2003) Cattle manure quality in Maragua District, Central Kenya: Effect of management practices and development of simple methods of assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 94: 289–298.
- Maïga, A. (1999) Ressources forestières naturelles et plantations au Mali. Programme de partenariat CE-FAO (1998–2002). <http://www.fao.org/3/X6811F/X6811F00.htm>
- Mason, S.C., N. Maman, and S. Palé (2015) Pearl millet production practices in semi-arid West Africa: A review. *Experimental Agriculture* 51(4): 501–521.
- Mitchell, T. (2005) Sahel rainfall index (20–10N, 20W–10E), 1898–2004. Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, JISAO.
- Morduch, J. (1995) Income smoothing and consumption smoothing. *Journal of Economic Perspectives* 9(3): 103–114.
- 大山修一・近藤史・淡路和江・川西陽一 (2010) 「ニジェール南部におけるハウサの乾燥地農耕と耕作地の土地分類」『農耕の技術と文化』27: 66–85.
- 大山修一 (2010) 「西アフリカ・サヘル帯における市場経済化の進展と砂漠化問題」『人間環境論集』10(2): 13–34.
- Powell, J.M. and T. Coulibaly (1995) The ecological sustainability of red meat production in Mali: Nitrogen balance of rangeland and cropland in four production systems. Report to Projet de Gestion des Ressources Naturelles, PGRN.
- Powell, J.M., S. Fernández-Rivera, P. Hiernaux, and M.D. Turner (1996) Nutrient cycling in integrated rangeland/cropland systems of the Sahel. *Agricultural Systems* 52: 143–170.
- Ramisch, J. (1999) *In the Balance? Evaluating Soil Nutrient Budgets for an Agro-pastoral Village of Southern Mali*. Managing Africa's Soils No.9, IIED-Drylands Programme.
- Román, P., M.M. Martínez, and A. Pantoja (2015) *Farmer's Compost Handbook: Experiences in Latin America*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i3388e.pdf>
- Schlecht, E. and P. Hiernaux (2004) Beyond adding up inputs and outputs: Process assessment and upscaling in modelling nutrient flows. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 303–319.
- Schlecht, E., A. Buerkert, E. Tielkes, and A. Bationo (2006) A critical analysis of challenges and opportunities for soil fertility restoration in Sudano-Sahelian West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 76:109–136.
- Shinjo, H., K. Hayashi, T. Abdoulaye, and T. Kosaki (2008) Management of livestock excreta through corralling practice by sedentary pastoralists in the Sahelian region of West Africa: A case study in Southwestern Niger. *Tropical Agricultural Development* 52(4): 97–103.
- Williams, T., P. Hiernaux, and S. Fernández-Rivera (2000) Crop-livestock systems in Sub-Saharan Africa: Determinants and intensification pathways. In N. McCarthy, B. Swallow, M. Kirk, and P. Hazell (eds.) *Property Rights, Risk, and Livestock Development in Africa*, pp. 132–154. International Food Policy Research Institute.
- Zougmore, R., A. Mando, J. Ringersma, and L. Stroosnijder (2003) Effect of combined water and nutrient management on runoff and sorghum yield in semiarid Burkina Faso. *Soil Use and Management* 19: 257–264.