

在来農法における表土管理と土壌荒廃

—西アフリカ・マリとインドでの事例から—

田 中 樹

Soil Surface Management Under Conventional Farming System with Reference to Soil Degradation

—Case Studies in Mali and Northwestern India—

Ueru TANAKA

Faculty of Agriculture, Kyoto University

Abstract

Soil surface management practices under conventional farming systems were studied in Mali and India with reference to human-induced soil degradation. The purposes of this study were : 1) to record and characterize the conventional farming practices ; 2) to find some requisites for sustainable farming systems under semi-arid environment ; and, 3) to seek the possibility of horizontal (south-to-south) technology transfer.

Upland fields in Thiongoni village, Mali, have been cultivated with a oxen-driven plow which was introduced from France during colonial era. By deep plowing (15-20 cm) in sandy textured soil, soil degradation process has accelerated in these decades through soil surface crusting, accumulation of sand fraction in plow layer and soil loss both by water and wind erosion. On the other hands, the conventional farming systems in some villages near Udaipur, Northwestern India, where agro-ecological condition is similar to Thiongoni village, have been sustained the upland fields for more then some hundred years without causing conspicuous soil degradation. The difference from the Thiongoni's case is explained by the mode of surface management practices, e.g. shallow plowing, improvement of the quality of crop residues for feeding by dense planting, utilization of a wide variety of cultivation tools, manure application, and soil band for erosion control. The above information provides great hint to improve the current soil-human relations in Thiongoni village.

Key words : soil degradation, conventional farming system, soil surface management, horizontal technology transfer

1. はじめに

畑地は本質的に不安定な系である。特に熱帯地域の畑土壌は、潜在的に低肥沃度化へと向かう土壌条件と変動の激しい水文環境に置かれている (El-Swaify *et al.*, 1985)。「持続的」農業が叫ばれて久しいが、それには生産基盤である土壌の保全と機能維持が成立要件の大前提となり、地形面修復への絶えざる労力の投入や地域特異

性 (Site specificity) に適合した農法の展開が要求される。その処方は、在来農業 (あるいは伝統農業) に学ぶことができるだろう。事実、在来農法の研究を通して、環境適応に優れた農法のあり方を探る動き (Beets, 1990 ; 応地, 1992 ; Mettrick, 1993) が、近年注目を集めつつある。また、社会経済状況の変化や「北→南」への農業技術の導入により、在来農業がその姿を大きく変えるなかで、耕地の荒廃が引き起こされるという反面教師

的な事例からも、土壌と人為との関わり方が示唆されよう。

農耕地における土壌と人為の関わりは、主に作季前半の表土管理作業を通して行なわれる。ここでは、表土管理 (Lal, 1986) を、「耕起・耕うん、中耕、除草耕、マルチなどを通しての耕地土壌に対する人為的働きかけ」と定義する。農学的対応による畦立てやテラス化などの小規模な地形形変もこれに含まれる。本報告では、西アフリカとインドの農村での事例の紹介を通して、それらの表土管理法に見られる合理性や不適合性の解釈を試みる。農法を介しての土壌と人為の関わりには様々な局面があるが、紙幅の都合から、ここでは主に土壌の表層物理性と土壌侵食を中心に説明する。本報告は、調査途上である故に、定量的な裏付けに欠ける箇所もあるが、フィールド科学でもある土壌学から人為と環境の関連を把握しようとする試みの事例として、また特に熱帯地域での農業開発のあり方を再考 (Beets, 1990) する材料の一つとして見て頂ければ幸いである。

2. 西アフリカ・マリ・チオンゴニ村の現行農法

2-1 調査村の農業と土壌の概要

土壌荒廃が進む村の事例として西アフリカ・マリ共和国 (図-1, a), チオンゴニ村で行なわれている表土管理と土壌の関係を紹介する。調査村は、マリ共和国セー市北方 40 km, ニジェール河畔に位置し、バンバラ人、

ボゾ人、フルベ人が住む。年降水量 500 mm でスーダンサバンナ帯に属し、ニジェール河岸の緩やかな波状台地に砂岩質堆積物を母材とする砂質土壌 (Ferric Arenosol) が分布する (FAO/Unesco, 1974)。

農民による土壌認識は、土色と土性に基づき、5種類に分けられる。その呼称 (バンバラ語) と性状の概略は次の通りである: (1) チェンチェン (*Chen·chen*) は、「砂」を意味し、作土の表層 (0~20 cm 程度) に見られる。7.5 YR 6/6~5/6 の土色を呈し、細砂を主体とする砂画分は 90~95% にもなる。調査村の台地では、緩斜面下部や平地地ほどこの層が厚く、生産力の低い土壌と認識される。(2) ガンガブレ (*Ganga-bre*) は、「赤みのある土」を意味し、土色が 7.5 YR 5/8~5 YR 4/6, 砂画分が 80~85% とチェンチェンより細粒質が幾分多い壤質砂土 (Loamy sand) で、その厚さは数 m にも達する。通常、チェンチェンの層の下に現れるが、台地緩斜面の頂部部では水食や風食による表土の流亡のため、表面近くに現れる。(3) チェンチェン・ガンガブレ (*Chenchen·Ganga-bre*) は、前述の 2 つの土壌が混合したもので作土層下部に見られる。(4) ガンガフィンマ (*Ganga-finma*) は、植物残渣や堆肥の混じった幾分暗色の土壌を指す。(5) ボワ (*Bowa*) は、土性の細かい土壌を意味し、河畔や中州に見られ、調査村では最も生産力が高いとされる。

土地利用はトウジンビエ (*Pennisetum typhoideum*)

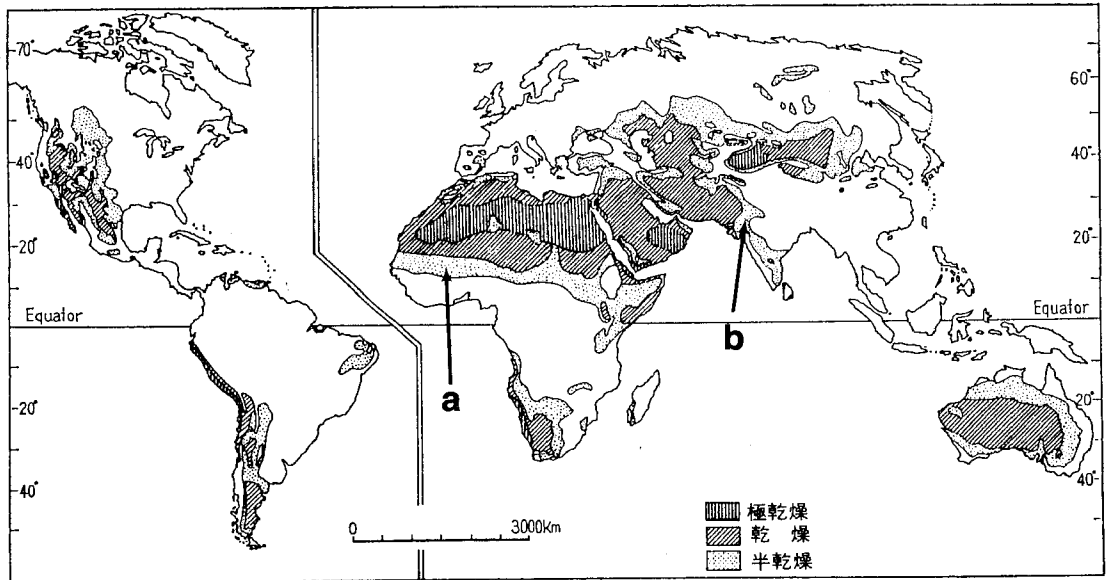


図-1 メイグスの乾燥等質気候分布図 (赤木, 1990) と調査地の位置 (a: マリ, b: 北西インド)

Location and climatic condition of the study areas (a: Mali, b: Northwestern India)

やフォニオ (*Digitaria exilis*) を主体とする天水畑作である。かつては中州や河岸低地で稲作や野菜作、家畜の放牧や採草が行われていたが、1960年初頭に、10 km 下流でのダム建設により水没したため、台地上の天水畑への依存度が高まった。台地上の耕地は、集落に近く、堆肥を施用するなど比較的集約的に利用されるソ・フォロ (So folo) と集落から離れ、地力の回復を休閑に頼るクング・フォロ (Kungo folo) に分けられる (Ohji, 1990)。前者では、一時は全村で数百頭を数えた家畜飼育頭数が百頭足らずに激減したため十分な量の堆肥を確保できず、後者では、休閑地が縮小され無施肥で常畑化されるなど、いずれも土壤の疲弊が進みつつある。

2-2 作季前半の表土管理作業行程

台地でのトゥジンビエ作を例にとると作季前半の農作業行程は、次のように要約される：「雨季の始め、片反転犁 (写真-1) を引いての除草耕および畝立て。ソ・フォロでは、これに先立って、堆肥の搬入と全面散布が行なわれる。耕起深度は、15~20 cm 程度、畝の大きさは幅 30 cm、高さ 30 cm、畝間隔 50~60 cm 程度。」→「柄の長い手鋤を用いて畝の中央に 40 cm 程度の間隔で点播。」→「約 2 週間後、発芽したトゥジンビエの株の左右 5~7 cm を残すように片反転犁を引き、畝の土壤を畝間へ反転し雑草を覆う (写真-2)。株元の雑草は手鋤により除かれる。」→「以降、雑草の生育が旺盛な多雨年は、必要に応じて手鋤による除草を行うが、通常は他は収穫まで作業はない。収穫は、足で茎を踏み倒してから穂刈りし、残渣は畑に放置する。」。

畜力牽引による耕起は、調査村ばかりではなく周辺地域にも広く普及し定着している。牽引には、牛の他、ラクダやロバ、馬が利用されることがある。なお、調査村では、耕地のテラス化や境界への畦の設置、等高線栽培などが見られず、土壤保全の意識が希薄である。



写真-1 マリで用いられている片反転犁
Plow widely used in Mali



写真-2 反転除草耕の様子
Plowing for weed control

2-3 片反転犁の導入の影響

耕起の目的は、(1)緻密化した土壤の砕土など物理性の改善、(2)除草や埋没種子の排除、(3)堆肥や有機物残渣の土壤への混和と分解促進 (姫田, 1991)、に大きく分けられる。調査村のように、砂質土壤が分布する地域では、砕土を特に必要としないため、後 2 者が耕起作業の主たる動機と考えられる。図-2 は、西アフリカのスーダンサバンナ帯における種々の耕起作業 (Ministere de l'Agriculture, 1990) を描いたものであるが、ほとんどが耨耕 (人力による鋤あるいは鋤による耕起) で、土壌表面を浅く搔ぐ程度の作業であることがわかる。中には表土をかき集め、畝やマウンドを作る場合もあるが、これは乏しいながらも比較的多くの養分を含む表土を作物の近傍に配し、初期生育を確保するためである (Lal, 1986)。

周辺地域での在来農法の観察から、調査村でもかつては、攪拌・浅耕型の耕起であったと推察されるが、これらの農具は徐々に姿を消しつつあり、現在ではフランス植民地時代下にあった 1920 年代以降に導入された片反転犁に取って替わられている。この犁は、フランス北東部の湿潤な地域に起源し (応地, 1992)、犁床が短いため深耕に適し、大きな撥土板により土壤を片側に反転させるものである。その普及・定着の理由は、土壤を比較的深く反転することによる雑草抑制の効果、作業の迅速化と耕起労力の軽減に利点があったためと考えられる。

片反転犁への転換に伴い、それ以前に行なわれていた耨耕が畜力犁耕となり、攪拌・浅耕 (深さ 5 cm) から反転・深耕 (深さ 15~20 cm) へと表土管理の様相が変わった。作季前半の耕起に伴う土壤の攪乱の程度を模式的に表したのが図-3 である。

2-4 土壤荒廃の実態とプロセス

調査村での土壤荒廃の実態を、「土壤クラストの形



図-2 西アフリカの伝統農法で行なわれる耕起作業

Surface management practices under conventional upland farming systems in West Africa

成」, 「作上の砂質化」, 「土壌侵食」の3点から説明する。

土壌クラストの形成: 砂質土壌は基本的に土壌粒子間の結合力に乏しく、耕起でできた土塊や畝は、雨滴に打たれると容易に崩壊する。その途上で砂と細粒質が分離し、それぞれが薄層を形成する。特に畝間は畝の側面からの土壌の移動と堆積が断続的に起こるので、何層もの薄層を持つクラストができる。写真-3は、調査村の耕地の土壌表層から採取した非攪乱試料の薄片写真であるが、粗砂(矢印a)が2~3mm, 細砂(矢印b)が2~4mm, 細粒質(矢印c)が1mm 足らずの厚さの薄層を形成しているのが観察される。表-1は、田中(1995)の手順に準じて、初期水分条件を9.81MPaに調整した2種類の土壌試料を円筒容器に充填し、5分間の人工降雨処理後の透水性を測定した結果である。現場では、何度も

降雨機会があり、さらに他所からの土壌の移動と堆積が加わるので、クラスト形成による透水性の低下はさらに大きいと考えられる。比較的細粒質の多いガンガブレで透水性が低い傾向を示し、これは片反転犁耕により作土下部が表層に現れるとクラスト形成が助長されることを意味する。土壌表層での透水能の減少は、後述する作土の砂質化や水食による土壌流失を助長させる他、耕地の雨水貯留量を低下させ作物生産の安定性をも危うくする。

作土の砂質化: 砂と細粒質の分離と土壌クラスト層の形成は、表面流去水による粘土やシルトなど細粒質の選択的流亡を招き、その一方で土壌表層の砂画分が増える。片反転犁耕が繰り返されると作土全体が砂質化する。また、強い降雨や乾季の風食により砂画分が移動・

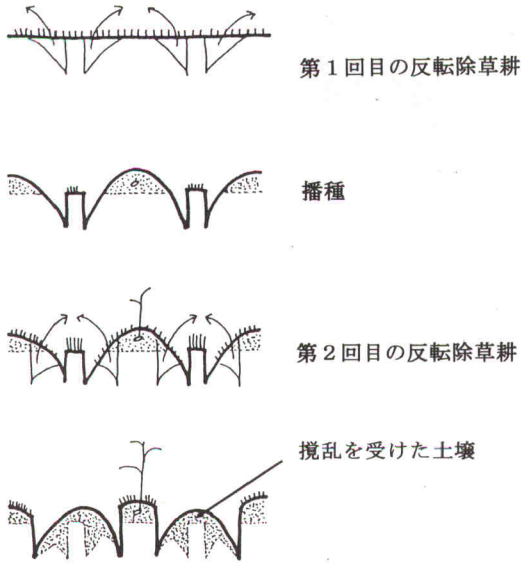


図-3 チオンゴニ村での耕起に伴う土壤の攪乱
Soils disturbed through cultivation practices

堆積する場所では、作土が砂に覆われる。いずれの場合も、砂質化により作土の養分保持能や保水能が低下し、作物の初期生育が不安定となる。

土壤侵食：細粒質を失った砂質土壤は、雨季には水食、乾季には風食を受ける。写真-4は、20年程前に設置された電柱の基部である。コンクリートをベタ打ちした部分の上端(矢印)を当時の土壤面と考え、現在の土壤面までの36cmがこの間に失われた土壤の量といえる。土壤の流亡は、台地緩斜面の頂坦部で著しく、一方、斜面下部では砂質化した土壤の堆積が見られる。なお、休閒地では、砂が風で移動した後、細粒質のクラスト層が露出し、風食を抑制しているのが観察される。

以上に述べたように、調査村での土壤荒廃は、いずれも砂質土壤での片反転犁耕による深耕・反転とそれに付随する敵立てに起因すると考えられ、その意味で現行の片反転犁耕は不適合な農法といえる。

3. 北西インド・ウダイプールの在来農法

インド北西部(図-1, b)のラジャスタン州アラバリ山地南東に位置するウダイプール県の農村(年降雨500mm, 夏作トウモロコシ)で観察された作季前半の表土管理作業を要約する：[大鉄刃耙(まぐわ)による攪拌耕(耕深10cm程度)]→[堆厩肥の搬入・散布]→[犁による攪拌耕(耕深10cm)]→[箱型耙による碎土]→[条播器による播種]→[箱型耙による覆土・鎮圧]→[鉄刃耙や

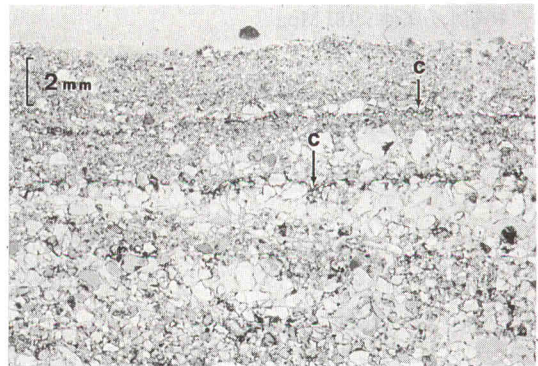
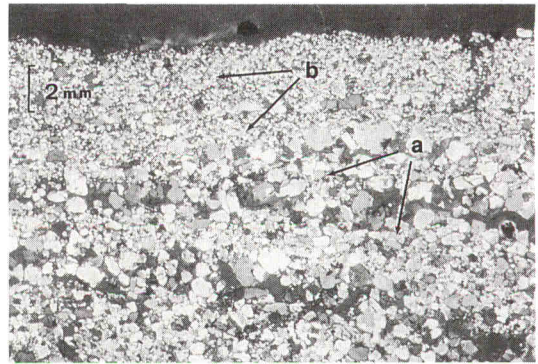


写真-3 土壤表面に形成されたクラストの状態
(左：XPL；右：PPL；a～c：それぞれ粗砂、細砂および細粒質の薄層)
Morphology of crust formed under field condition (Left: XPL; Right: PPL: a～c: thin layer of coarse sand, fine sand and finer particles, respectively)

歯状耙による中耕・除草耕(耕深5cm, 雑草の生育状態に応じて多雨年5～6回, 少雨年2～3回, 株間は手鋤による)]→[収穫作業まで作業なし。残渣は持ち去り家畜の飼料となる]。

ここでの表土管理の特徴は、頻繁な攪拌・浅耕にある。播種前の耕起は、碎土耕と除草耕を兼ね、それ以降は除草耕が主体となる。いずれも土壤の反転を伴わない。攪拌耕は、反転耕よりも雑草抑制の効果が低い(姫田, 1991)ため、頻繁に作業を行なうことでそれを補う。頻繁な表土の攪乱には、土壤クラストの破壊と雨水貯留能の維持という副次的な効果が伴い、作土層の砂質化と土壤侵食を抑制する。また、耕地の境界には畦が設けられるため、斜面地では頻繁な耕起により土壤が送り出され徐々にテラス化される(田中, 1995)。

表-1 チオンゴニ村の耕地土壌のクラスト形成程度

Table 1 Degree of crusting of Thiongoni soils formed under simulated rainfall

採取位置 現地での呼称 細砂+粗砂 (%)	作土層 チェンチェン 90~95		作土層下部 ガンガ・ブレ 80~85	
	A	B	C	D
クラストの程度 (-log K)	2.2	2.3	2.6	2.9
相当する降雨程度 (mm/10 min.)	36.0	32.2	14.4	7.8

* 人工降雨処理をする前の透水能: 80.4 mm/10 min.
(0.0134 cm/sec.)

初期水分条件: 9.81 Mpa

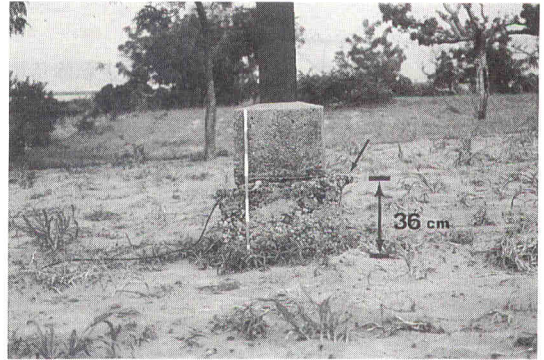


写真-4 侵食により失われた土壌

Soil lost by water and wind erosion

表-2 西アフリカ・マリと北西インドの農法および土壌管理の比較

Table 1 Comparison of the characteristics of farming systems and soil management in Mali and Northwestern India

	チオンゴニ村	ウダイプール近郊
年降水量 土性 有機物 (T-C)	450~500 mm 砂 80~95% <0.5%	500~600 mm 砂 70~80% 0.5~1.0%
作業内容/管理項目		
耕起 (回数)	畜力牽引, 反転耕(1) 耕深 15~20 cm	畜力牽引, 攪拌耕(2) 耕深 10 cm 程度
堆 厩 肥 播 種	限定的 点播 (手作業)	ほとんどの耕地へ施用 条播 (畜力牽引条播器)
中耕・除草耕	畜力牽引, 反転耕(1) 畝の両端を畝間にはねる	畜力牽引, 耙による攪拌耕 耕深 5 cm 程度
畝 の 有 無	あり (幅 30, 高 30, 畝間 50~60 cm)	なし
栽 植 密 度	疎植 (40×50 cm) 個体管理	密植 (25×数 cm) 群落管理
畜力牽引具	犁のみ, 重い	犁, 耙 (数種), 覆土・鎮圧器, 条播器, いずれも軽量
混 作	なし	あり
家 畜 飼 養	休耕地, 未耕地に依存	休耕地, 青刈作物や雑草
残渣の利用	飼料, ただし不適	飼 料
常 畑, 休 閑	休閑→常畑への移行途上	常 畑
土 壌 保 全	なし	テラス化, 畦 (土囲い)

4. 在来農法の水平移転の可能性を探る

ある地域の在来農法 (あるいはその技術要素) を類似の環境条件を持つ他地域に移転することを水平技術移転 (南・南移転) という。ここでは, 社会経済状況や文化的

背景を異にする地域への水平技術移転の提案には慎重を期すべきことを認識しつつ, 北西インドの事例を参考に, 土壌荒廃の進むチオンゴニ村の農法の改善策を考える。

4-1 両地域の農法の比較

表-2は、両地域の農法の特徴を土壌管理を中心に要約したものである。気候条件、砂質土壌、天水畑作、畜力利用などに類似点を持つものの、その内容は大きく異なる。大きな相違点は、畜力牽引農具の多様性、作物の栽植密度、堆肥の利用、土壌侵食対策に現れており、また、家畜を軸として作物残渣の飼料化と堆肥の利用がある種の循環系を形成する仕組みが成立していることにある。人為と環境との関わりにおいて、北西インドの農法の方が様々な局面で合理的解釈が可能であり、チオンゴニ村の農法の改善策を考える上で参考資料となる。

4-2 水平技術移転の着目点

犁の適正化と牽引具の多様化：砂質土壌での耕起の目的は、基本的には「砕土耕」ではなく「除草耕」にある。「反転耕」・「畝立て」は片反転犁に付随するもので、チオンゴニ村での表土管理にとって必須ではない。攪拌浅耕、あるいは反転浅耕に適する牽引具を導入すれば、作業頻度は増すものの、砂質化とクラスト形成を抑制できる。また、畝を立てないことで、畜力条播器の使用が可能になり、後述する群落管理への移行を容易にする。

作物の個体管理から群落管理へ：チオンゴニ村のトウジンビエは、広い間隔で点播されるため大柄に育ち、その収穫残渣は飼料価値が低い。土地圧力の高まりで放牧地や採草場が減る中で、家畜を維持するには、条播・密植による群落管理へと転換することで穀実生産量を維持しつつ飼料価値の高い残渣を得ることが必要（応地、1992）であり、堆肥の確保にもつながる。ソ・フォロでは、これまでも刈り跡放牧による家畜糞や堆肥が施用され、その必要性や効果を農民は十分認識していることから、このことは農法の転換をめぐる意志決定の材料となる。

侵食抑制対策：テラス化や耕圃の周囲に立てる畦が、土壌侵食の抑制や雨水貯留能の維持に有効なのは周知のことである。畔の造成には、片反転犁が適している。従来から用いてきた農具に転用の余地を残すことは、農民が新しい農法を採用する意志決定をする際に心理的抵抗を減らす。

謝 辞

本報告は、文部省国際学術研究費（課題番号06041037）による「サヘルと南インドにおける在来農法の再評価と両地域間技術移転の可能性に関する研究」の成果の一部である。西アフリカでの調査（1994）では、研究代表者の応地利明・京都大学東南アジア研究センター教授はじめ、月原敏博・大阪市立大学助手、故小林央往・山口大学教授、保坂実千代・学術振興会特別研究

員より多大なる助言と協力を頂いた。また、北西インドでの調査（1992）では、京都大学農学部の小崎隆教授と大学院生・西村貴志氏の支援を受けた。記して謝意を表します。

引用文献

- 赤木祥彦（1990）：沙漠の自然と生活，地人書房，京都。
- Beets, W.C. (1990) : Raising and sustaining productivity of smallholder farming systems in the tropics. AgBe publishing, Holland.
- El-Swaify, S.A., Pathak, P., Rego, T.J. and Singh, S. (1985) : Soil management for optimized productivity under rainfed conditions in the semi-arid tropics. *In* Advances in Soil Science (ed. Stewart, B.A.), 1, 1~64, Springer-Verlag Inc., New York.
- FAO/Unesco (1974) : Soil map of the world. Africa VI 1, FAO, Rome.
- 姫田正美（1991）：耕うん・整地，農学大事典，1271~1282，養賢堂，東京。
- Lal, R. (1986) : Soil Surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. *In* Advances in Soil Science (ed. Stewart, B.A.), 5, 1~109, Springer-Verlag Inc., New York.
- Mettrick, H. (1993) : Development oriented research in agriculture, ICRA, Holland.
- Ministere de l'Agriculture, Mali (1990) : Memento techniques culturales. Institute d'Economie Rurale, Bamako.
- 応地利明（1987）：乾燥地農業における農法的適応，海外学術調査コロキウム「乾燥・半乾燥地帯の農業—その伝統と変容—」記録，9~26，京都大学。
- Ohji, T. (1990) : Les techniques de culture du mil au Mali : types et distribution. *In* Boucle du Niger - approches multidisciplinaires, (ed. Kawada J.), 2, 1~62, Institut de Recherches sur les Langues et Cultures d'Asie et d'Afrique, Tokyo.
- 応地利明（1992）：ここに熱帯畑作のモデルがある，国際交流，58，55~60，国際交流基金，東京。
- 田中 樹（1991）：インド亜大陸の伝統農法に半乾燥地農業成立の要件と展開の可能性を探る，トヨタ財団研究助成報告書。
- 田中 樹（1995）：土壌クラストの形成機作とそれに影響を及ぼす諸条件，土壌の物理性，71，17~21。

受稿日：平成8年1月24日
受理日：平成8年4月12日