

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23658060

研究課題名（和文） 砂質土壌は貧しいのか？－土壌肥沃度再考－

研究課題名（英文） Are sandy soils infertile? -Revisiting soil fertility-

研究代表者

真常 仁志 (SHINJO HITOSHI)

京都大学大学院農学研究科・助教

研究者番号：70359826

研究成果の概要（和文）：

砂質な土壌は貧しいとする土壌肥沃度の常識に挑戦するため、ナミビアとニジェールの砂質土壌の比較、ニジェールにおける圃場試験をおこなった。その結果、両土壌には、砂含量には違いが認められないものの、粘土とシルトの割合が異なり、土壌生成条件の違いを反映して粘土鉱物の組成にも顕著な違いが認められた。ニジェールにおける圃場試験の結果、粘土とシルトの含量が5%を超えると、クラストが形成されやすく、土壌への雨水の浸透速度は大幅に低下した。その結果、土壌中に蓄えられ、作物が利用できる水分が減少し、作物生産は妨げられることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

To challenge our common sense that sandy soils are infertile, I have compared the sandy soils in Niger and Namibia and conducted the field trial in Niger. I found that the soils both in Niger and Namibia contain almost same amount of sands, while the ratio of clay to silt was higher in the soils in Namibia than those in Niger. In addition, clay minerals are also different between soils in Niger and Namibia, possibly reflecting the difference in soil formation processes. The field trial in Niger revealed that soils with more than 5% of silt and clay tended to form crust in soil surface. Soil crust retarded water infiltration into soil, which reduced the available water for plants. Finally, due to less available water in the soil, plant growth was seriously damaged.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学 植物栄養学・土壌学

キーワード：砂質土壌・土壌肥沃度・ニジェール・ナミビア

1. 研究開始当初の背景

一般に、砂質な土壌は貧しいと評される。その理由は、砂質であると無機養分や有機物を保持する能力が乏しく、養分を化学肥料や堆肥の形で与えてもすぐに下方へ流亡するし、土壌構造がほとんど発達しないために、水分の保持もできないからである。このような「常識」にもとづき、土壌が砂質とならないように、侵食によって粘土が奪われない技

術を導入したり、粘土が多い場所を優先的に開発の対象としてきた。しかし、そのような「常識」は、どこでも通用するのであるか？申請者が過去10年にわたって研究対象としてきたサハラ砂漠南縁のサヘルと呼ばれる地域では、砂質な土壌こそが肥沃であると農民によって認識され(Shinjo et al. 2005)、当地域の主作物であるトウジンビエは、砂が厚く積もっている場所での生育が格段によ

いことが経験的に知られている。これは、砂含量 95%という極めて砂質な当地域の土壤に対しては、粘土が少量含まれると、クラストと呼ばれる堅い土膜が表面にできて、雨水の浸透が妨げられること、砂質な土壤では土壤孔隙の毛管連絡が切断されやすく、表面が乾いても下層は湿潤なまま保たれ、結果として水分の蒸発が抑制されることなどによって説明できる。

もちろん、砂質土壤こそ肥沃であるという命題が正しいのは、年降水量が約 400 mm と非常に乾燥しているサヘル地域特有であろう。降水量が多くなれば、粘土が多いと養水分の保持に長けるというメリットがより重要になり、生産性は高くなるだろうと予想されるが、土壤肥沃度における評価における土性と降水量の関係は、必ずしも明らかとなっていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、どの程度の年降水量で土性による生産性の優劣が逆転するのか明らかにし、あらたな土壤肥沃度の概念を構築することを最終的な目的とした研究の第一歩として実施した。具体的には、砂含量の違いが土壤の理化学性に与える影響を綿密に解析することを目的とした。

3. 研究の方法

研究に利用する砂質土壤をニジェールおよびナミビアにおいて採取した。両土壤の粘土、シルト、砂含量を篩別法およびピペット法により測定した。さらに、過去の研究蓄積が少なく、粘土鉱物が同定されていないナミビアの試料については、X線回折により粘土鉱物を同定した。

また、ニジェールにおいては、クラストの露出度が異なる複数の地点において土壤を採取し、粒径分布を調べるとともにトウジンビエを現地地で栽培した。栽培期間中の土壤水分量のモニタリングも行った。クラスト露出度は、0.4m×1mの土壤表面を写真撮影し、80点のグリッドに分割した後、各グリッド内のクラストの有無を目視で確認し、クラストが確認できたグリッドの割合から求めた。

4. 研究成果

ナミビアの土壤は、ニジェールの砂質土壤と同程度の砂含量であったが、シルトと粘土の存在量には明瞭な違いが認められた。すなわち、ニジェール土壤はシルト2%、粘土3%とバランス良く存在していたのに対し、ナミビア土壤は、シルトがほとんどなく、粘土が約5%程度含まれていた(表1)。この違いは、土壤生成過程の違いを反映していると推察される。つまり、ナミビアでは、粘土画分が風あるいは水によって運ばれてきた

表1 ナミビア土壤の粒径分布

Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)		
	Sand	Silt	Clay
0-5	93.9	1.4	4.5
5-10	93.3	1.4	5.0
10-15	92.2	1.3	6.1
15-27	91.5	1.1	6.9
27-40	88.2	0.8	11.0
40-55	84.5	0.6	14.9
55-70	83.6	0.9	15.5
70-82	82.9	1.1	16.0
82-100	82.7	1.0	16.3

のに対し、ニジェールでは、その場で砂岩の風化により生成したと考えられる。このような粒径分布の違いを反映して、ナミビア土壤のほうが固結しやすい可能性があったが、現地での圃場試験において観察したところ、固結は認められなかった。固結性には、粘土の含量だけではなく、シルトの存在量も影響していることが示唆された。またその他の理由として、粘土鉱物組成が考えられた。X線回折によって同定されたナミビアの表層土壤の粘土鉱物は、雲母を主体としており、少量のス멕タイトを含んでいた。さらに、石英や微斜長石といった一次鉱物も認められた。雲母も一次鉱物由来と考えられることから、ナミビア土壤は、風や水によって最近堆積した材料から、あまり土壤生成作用を受けていないと考えられた。一方、ニジェール土壤の粘土鉱物は、カオリナイト主体であることが知られており、長い年月の風化作用によって生じたものと考えられている。このように、ナミビアとニジェールの砂質土壤では、砂含量には違いが認められないものの、粘土とシルトの割合が異なり、粘土鉱物の組成にも顕著な違いが認められた。

ニジェールにおいて、クラストの露出度と

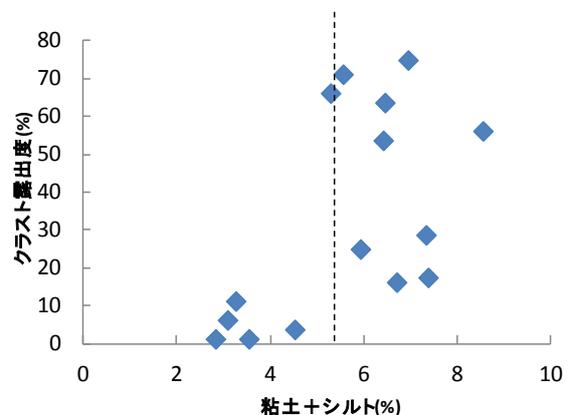


図1 粘土とシルトの含量とクラスト露出度の関係

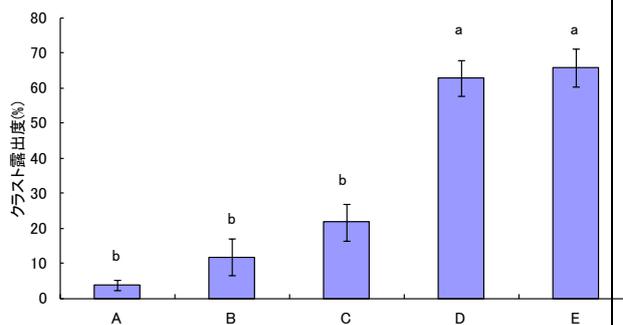


図2 プロットA-Eにおけるクラスト露出度の比較 (図中の文字は、有意差を示す)

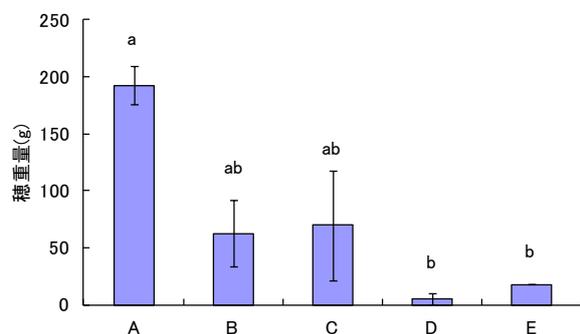


図3 プロットA-Eにおけるトウジンビエの穂重量の比較 (図中の文字は、有意差を示す)

0-2.5 cm 深の表層土壌の粒径分布の関係を調べた (図1)。その結果、粘土とシルトの含量が5%を超えると、クラストが露出しやすかった。これは、既往の研究例と一致する。さらに、粘土とシルトの含量が5%を超える地点では、降雨直後の土壌水分の増加程度が、5%を超えない地点に比べ緩やかであることもわかり、クラストによって雨水の土壌への浸透が妨げられたと考えられる。

次に、クラスト露出度が異なる5地点において、トウジンビエの栽培試験を行った (図2)。プロットAからEは、20mほどの距離に4m間隔で並んでいた。このように短距離であっても、クラストの露出度には大きな違いがあることがわかった。栽培試験の結果、プロットAの穂重量が、プロットD・Eと比べ有意に大きいことがわかった (図3)。このように、クラストの露出度が小さい地点ほどトウジンビエの生育がよいことが明らかとなった。なお、プロットA-Eの5地点において、土壌のpH、EC、有機物量にはおおきな差がないことも同時に確認している。したがって、プロットA-Eにおけるトウジンビエの生育、クラスト露出度、粘土とシルト

の含量、土壌水分の推移に関する結果から、以下のような肥沃度メカニズムが想定された。粘土とシルトの含量が5%を超えると、クラストが形成されやすくなる。クラストが形成されると、土壌への雨水の浸透速度は大幅に低下し、土壌中に蓄えられる水分量は減少する。そのため、作物が利用できる水分が減少し、作物生産は妨げられる。

しかし、ナミビアの砂質土壌では、粘土とシルトの含量が5%を越えていたにも関わらず、顕著なクラスト生成は認められなかった。したがって、クラストの生成には、粘土とシルトの含量だけではなく、粘土鉱物の種類も考慮すべきであることが示唆された。また、ナミビアの現地農民からは、粘土が多い土壌では、土壌の乾燥が速いという意見も聞かれた。土性は、クラストの生成を通じて土壌へ浸透する水分量に影響を与えるだけではなく、いったん浸透した水分の蒸発にも影響を与えている可能性を示唆する重要な情報である。今後の展望として、土性および粘土鉱物の違いが、雨水の土壌への浸透能ならびに土壌の乾燥速度に与える影響について研究を積み重ねることで、砂質土壌の肥沃度メカニズムを明らかにし、作物栽培の向上につなげたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- (1) 伊ヶ崎健大, 真常仁志, 田中樹, 岩井香泳子, 小崎隆. 西アフリカ・サヘル地域における草本植生劣化指標としての空間的ばらつきの可能性. 観光科学研究, 査読有, 5, 2012, 15-21
<http://hdl.handle.net/10748/5048>
- (2) 真常仁志, 荒木茂. 講座「サブサハラ・アフリカの土壌肥料研究最前線 1. 講座のねらい、サブサハラ・アフリカの生態環境条件と農業の現状」. 日本土壌肥科学雑誌. 査読有, 82, 2011, 330-337

[学会発表] (計5件)

- ① Ueru Tanaka, K. Ikazaki, Y. Sasaki, H. Shinjo, S. Tobita, Practical technique and extension method for improvement of crop performance with wind erosion control, UNCCD 2nd Scientific Conference, Bonn (Germany), April 9-12, 2013
- ② Kenta Ikazaki, Hitoshi Shinjo, Ueru Tanaka, Hirohiko Ishikawa, Shinya Funakawa, Takashi Kosaki. 2012. Effects of wind erosion on water balance in a crop field in the Sahel,

West Africa. Soil Science Society of America, Cincinnati (USA).

2012.10.21-24

- ③ 伊ヶ崎健大、真常仁志、田中 樹、石川裕彦、舟川晋也、小崎 隆。2012.西アフリカ・サヘル地域において地表面の状態が水収支および窒素の溶脱に与える影響。日本土壌肥料学会 2012 年度大会。鳥取大学。2012 年 9 月 4-6 日
- ④ 真常仁志、野呂葉子、宮崎英寿、Sesele Sokotela。2012。ザンビア東部州の疎開林における土壌特性値の空間的不均一性とその要因。日本土壌肥料学会 2012 年度大会。鳥取大学。2012 年 9 月 4-6 日
- ⑤ 伊ヶ崎健大、真常仁志、田中 樹、石川裕彦、舟川晋也、小崎 隆。西アフリカ・サヘル地域において地表面の状態が土壌水分動態に与える影響。日本熱帯農業学会。東京農工大学。2012 年 3 月 31 日

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

真常 仁志 (SHINJO HITOSHI)

京都大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号：70359826