

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月18日現在

機関番号：22604

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22880018

研究課題名（和文）西アフリカ・サヘル地域における土壌中の養水分動態の解明とその生産性向上への応用

研究課題名（英文）Optimization of “Fallow Band System” on the basis of soil water and nutrient dynamics in the Sahel, West Africa

研究代表者

伊ヶ崎 健大（IKAZAKI KENTA）

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教

研究者番号：70582021

研究成果の概要（和文）：研究代表者は、砂漠化の最前線として知られる西アフリカ・サヘル地域において、「耕地内休閑システム」（幅5mの休閑帯を風食を引き起こす嵐の風向に対して垂直をなすように一定の間隔で配置し、その休閑帯を毎年風上に移す技術）という砂漠化の抑制と作物生産の向上を同時に可能にする新たな省力的砂漠化技術を開発し、その有効性を実証した。本研究では、土壌中の養水分動態を明らかにするとともに、その結果に基づき「耕地内休閑システム」の最適化、つまり休閑帯同士の最適な間隔（約30m）を決定した。

研究成果の概要（英文）：To evaluate soil water and nutrient dynamics and optimize “Fallow Band System”, the agricultural practice developed by the author to control desertification and improve crop production, lysimeter experiment was conducted in the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics West and Central Africa. On the basis of the results on soil water and nutrient dynamics, the author revealed that the optimal interval between the fallow bands was about 30 m.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,260,000	378,000	1,638,000
2011年度	1,160,000	348,000	1,508,000
総計	2,420,000	726,000	3,146,000

研究分野：農学、環境土壌学

科研費の分科・細目：環境農学

キーワード：環境保全技術、環境調和型農林水産、気候変動、土壌圏現象、国際貢献、地域農業、ライシメータ

1. 研究開始当初の背景

(1) 「耕地内休閑システム」の概要

サヘル地域でこれまでに提案されてきた砂漠化対処技術の多くは、経済面でも労働面でも余裕のない農民に新たな負担を強いるものであったため、必ずしも定着しなかった（Rinaudo, 1996）。そこで研究代表者は、砂漠化の主要因である風食（風による土壌侵食）に関する一連の研究成果に基づき、サヘ

ル地域の農民に今以上の負担を与えない新たな省力的砂漠化対処技術「耕地内休閑システム」を開発し、その有効性を実証した。システムの概要は以下の通りである（図1）。

- ① 耕地内に風食を引き起こす砂嵐の風向（東風）に対して垂直に幅5mの休閑帯を複数作る。休閑帯とは帯状の草本休閑地のことで、播種と除草を行わないことで容易に形成

される（つまり農民に新たな負担を与えない）。休閑帯は収穫後も耕地に残り、乾季に多量の養分を含む風成物質（風によって運ばれる土壌粒子と植物残渣などの粗大な有機物）を捕捉する（**風食抑制効果**）。

② 次の雨季に休閑帯を風上にシフトさせ、前年に休閑帯であった場所でも耕作を行う。これにより、前年に休閑帯で捕捉された風成物質に含まれる多量の養分を作物生産に利用でき（**肥沃度改善効果**）、収量の増加も期待できる（**増収効果**）。

③ ②を繰り返す。

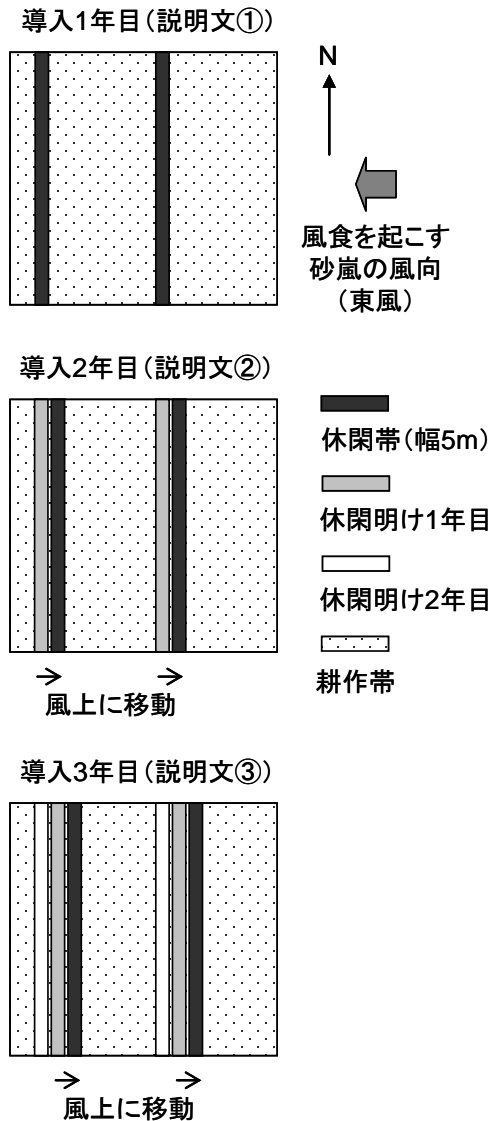


図1 「耕地内休閑システム」を導入した圃場の土地利用図

2006年～2010年に実施した有効性の検証試験では、「耕地内休閑システム」により(1)風食を約70%抑制できること（**風食抑制効果**）、また(2)休閑帯に捕捉された風成物質によって、主に粗大有機物の分解を通して

作物が利用可能な土壌養分量が増加するとともに、その場所の雨水の浸透も改善され、作物が利用可能な土壌水分量も増加すること（**肥沃度改善効果**）、さらに(3)その結果として、休閑帯を29m以上の間隔で配置した場合、圃場全体で見ても全面を耕作した場合に比べて収量が30～80%増加すること（**増収効果**）が明らかとなった。

(2) 土壌表面の状態の違いが土壌中の養水分動態に与え得る影響

サヘル地域には砂質な土壌(砂含量90%程度)が広がっているが、クラスト(土壌への雨水の浸透を妨げる土膜)が大きな問題となっている。一般に砂質土壌は高い透水性で知られているが、土壌表面がクラストで覆われると透水性が著しく低下し、土壌へ浸透する雨水の量は激減する(Valentin *et al.*, 1996など)。研究代表者はこれまでの研究から、サヘル地域の砂漠化とは、クラストの上に本来存在していた透水性の高いルーズな砂層が風食によって飛散し、土壌表面にクラストが露出する現象であることを明らかにした。また、「耕地内休閑システム」において休閑帯を設けた場所で翌年土壌への雨水の浸透が改善されたのは、休閑帯に捕捉された風成物質によりこのクラストの上に再び浸透性の高いルーズな砂層が形成されたことに起因することも明らかにした。しかしながら、クラストの上にルーズな砂層が存在すれば土壌表面の透水性は改善されるものの、透水性が高くなり過ぎると、逆に土壌養分(主に窒素)の溶脱を招いてしまう可能性が高く、ルーズな砂層には最適な厚さ(つまり土壌表面の透水性)が存在すると考えられる。

2. 研究の目的

ライシメータ試験により、土壌中の養水分動態を明らかにすることで、適切なルーズな砂層の厚さを決定し、その結果に基づいて「耕地内休閑システム」における最適な休閑帯の間隔(間隔が広いほど休閑帯に溜まる風成物質、つまりルーズな砂層は厚くなる)を決定することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) **ライシメータの概要**: サヘル地域ではライシメータを用いて土壌中の水分動態を測定した研究は殆どなく、またあったとしても、ライシメータの深度(サヘル地域の主作物であるトウジンビエは深根性で1.5m深まで根が存在するため、ライシメータの深度は2m程度必要)、開口面積(現地の播種密度から鑑みて最低1m²は必要)、排水方法(装置内の土壌底部で毛管排水を確保しないと採水量が現実と合わない)に問題があり、未だ信頼性の高いデータは得られていない。本研

究で使用するライシメータは研究代表者がサヘル地域の環境に合わせて設計したもので（図 2）、以上の条件をすべて満たしており、また表面流去水量の測定も可能である。

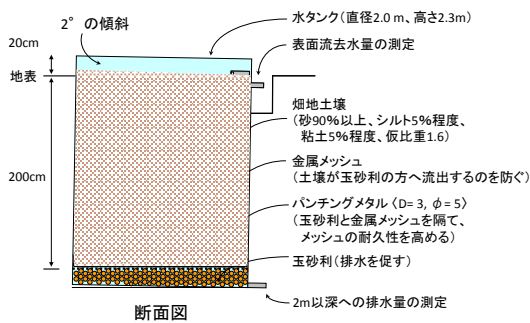


図 2 設計したライシメータ

2010 年（22 年度）の雨季前に国際半乾燥熱帯作物研究所西・中央アフリカ支所（IWCA）にライシメータ（直径 2m、深さ 2m）を設置し、雨季中ライシメータ内の土壌を落ち着かせるとともに、自然の降雨によりその表層にクラストを形成させた。2011 年（23 年度）の雨季前にルーズな砂層の厚さで 3 処理（クラストが露出した区、クラストの上にルーズな砂層が 3cm 堆積した区、同 7cm 堆積した区）を設け、雨季中に下記の測定を実施した。ここで、砂層の厚さを 3cm にした理由は、これまでの研究により 3cm 程度の厚さがないと雨水の浸透が十分に改善されないためである。また 7cm にした理由は、予備実験において砂層を 7cm にした区で多量の溶脱が予測されたからである。なお、ライシメータ内ではいずれの年もトウジンビエ（ローカル品種）を現地の方法に従い栽培した。

（2）測定項目

降水量、表面流去水量、土壌中の水分量、深度 2m 以下への排水量を測定した。蒸発散量については、土壌への浸透量（降水量と表面流去水量の差）、土壌中の水分量の変化、排水量から算出した。降水量は転倒ます型の雨量計を用いて、土壌中の水分量はマトリックスポテンシャルセンサー、TDR 土壌水分センサー、温度センサーを用いて自動計測した。さらに、風向・風速、日射量・アルベド、大気の高湿度についても各種センサーを用いて自動計測した。表面流去水は降雨毎に、また 2m 以下への浸透水は毎日回収・秤量するとともに、その一部を化学分析に供した。雨水についても降雨毎に回収し、その一部を化学分析に供した。雨水、表面流去水、2m 以下への浸透水中に含まれる窒素量を SHIMADZU TNM-1 にて測定した。

4. 研究成果

（1）水収支

未だ 1 年間（2011 年 6 月～2012 年 5 月）の完全なデータが得られていないため、以下では、2011 年雨季（2011 年 6 月～10 月）のデータだけに基づいて議論を進める。

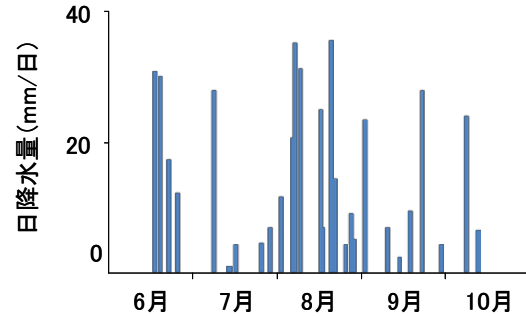


図 3 日降水量

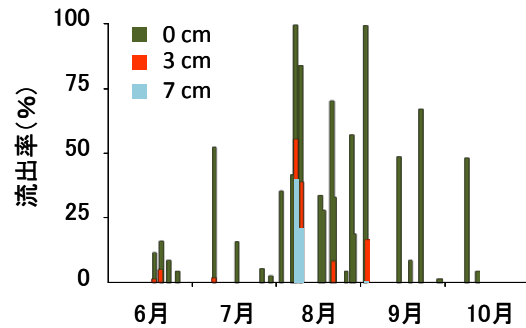


図 4 流出率

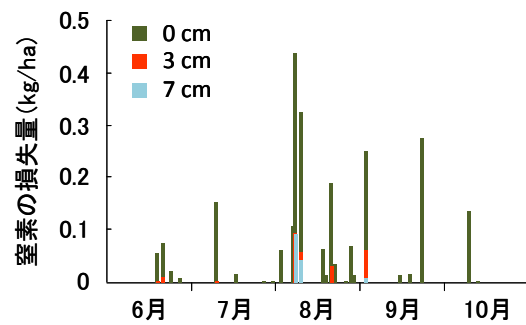


図 5 表面流去に伴う窒素の損出量

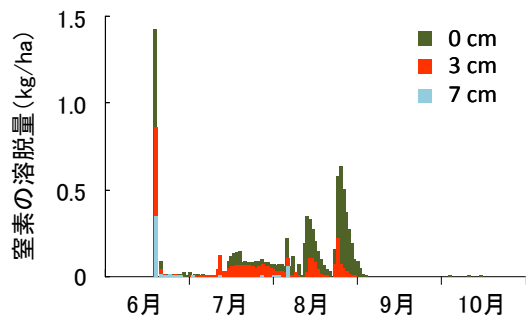


図 6 窒素の溶脱量

2011年雨季の降水量は440mmで(図3)、これは例年に比べてやや低い値であった(最近30年の降水量の平均値±標準偏差は530mm±120mm)。流出率(表面流去水量/降水量)については、クラストが露出した区(0cm)で非常に高く(図4)、雨季全体では46%にも達した(つまり降水の54%しか土壌へ浸透しなかった)。これに対してクラストの上にルーズな砂層が3cm、7cm乗った区では、雨季全体での流出率が9%および5%と降水の大部分が土壌へ浸透することがわかった(図4)。2m以下への排水量については、クラストが露出した区、クラストの上にルーズな砂層が3cm、7cm乗った区のそれぞれで、降水量の1%、9%、11%であった(2011年11月～2012年5月のデータ次第では排水量は増える)。試みに2012年5月末の土壌水分量が2011年の同時期と変わらないと仮定すると、蒸散量はクラストが露出した区、クラストの上にルーズな砂層が3cm、7cm乗った区のそれぞれで、降水量の53%、81%、85%となる(2011年11月～2012年5月のデータ次第では蒸散量は減りうる)。

(2) 養分収支

降水に伴う窒素の降下量は 5 kg ha^{-1} であった。表面流去によって耕地から失われる窒素の量は、クラストが露出した区、クラストの上にルーズな砂層が3cm、7cm乗った区のそれぞれで、 2.4 kg ha^{-1} 、 0.3 kg ha^{-1} 、 0.1 kg ha^{-1} であり、これは年間表面流去水量に比例した(図5)。また窒素の溶脱量については、それぞれ 0.6 kg ha^{-1} 、 3.4 kg ha^{-1} 、 9.0 kg ha^{-1} であった(図6)(2011年11月～2012年5月のデータ次第では溶脱量は増える)。よって、当初の予想通りクラストの上に存在するルーズな砂層が厚くなり過ぎると、窒素の溶脱量が増加することがわかった。

以上の結果と研究代表者のこれまでの研究成果を合わせると、クラストの上にルーズな砂層が3cm乗っている場所での年間窒素収支は図7の通りになる。図7から、サヘル地域の耕地では主に風食と作物の持ち出し(作物の茎葉も利用させるため、耕地にほとんど還元されない)によって、土壌養分が減耗していることがわかる。

(3) 「耕地内休閒システム」における最適な休閒帯の間隔

(1) および(2)の結果から、土壌の浸透能を十分に改善し、かつ窒素の溶脱が促進されない適切なルーズな砂層の厚さは3cmであることがわかった。これは、休閒帯同士の間隔が約30mの時に溜まる量であることから、休閒帯同士の最適な間隔は約30mであることがわかった。

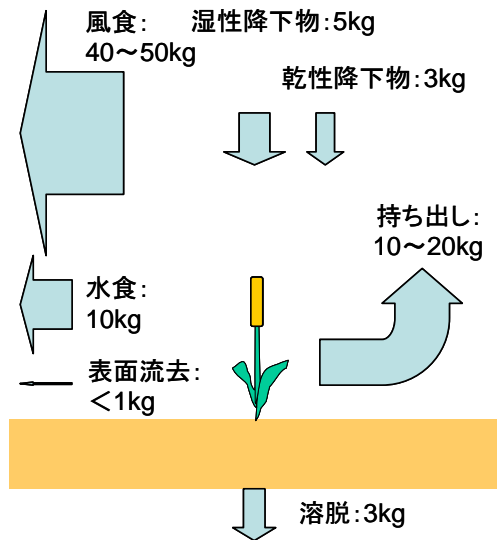


図7 クラストの上にルーズな砂層が3cm乗った場所での年間窒素収支

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9件)

- ① Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2012: Soil and nutrient loss from a cultivated field during wind erosion events in the Sahel, West Africa. *Pedologist*. 55(3). 169-177. (査読有り)
- ② 伊ヶ崎健大、真常仁志、田中樹、岩井香泳子、小崎隆. 2012: 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*. 5号. 15-21. (査読有り)
- ③ 佐々木夕子、伊ヶ崎健大、田中樹、真常仁志、飛田哲. 2012: 西アフリカ・サヘル地域の村落において外部技術の導入経緯がその後の普及状況に与える影響. *システム農学*. 28巻2号. (印刷中) (査読有り)
- ④ Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2011a: Aeolian materials sampler for measuring surface flux of soil nitrogen and carbon during wind erosion events in the Sahel, West Africa. *Trans. ASABE.*, 54, 983-990. (査読有り)
- ⑤ Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2011b: Field-scale aeolian sediment transport in the Sahel, West Africa. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 75, 1885-1897. (査読有り)
- ⑥ Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U.,

Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2011c: "Fallow Band System," a land management practice for controlling desertification and improving crop production in the Sahel, West Africa: 1. Effectiveness in desertification control and soil fertility improvement. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 57, 573-586. (査読有り)

⑦伊ヶ崎健大. 2011: 西アフリカ・サヘル地域での砂漠化とその対処技術. *日本土壌肥料学雑誌*. 82 巻 5 号. 419-427. (査読有り)

⑧佐々木夕子、田中 樹、伊ヶ崎健大、真常仁志、飛田 哲. 2011: 西アフリカ・サヘル地域村落における農耕民および牧畜民の生業と暮らしー「危機の年」とその対処行動に注目してー. *システム農学*. 27 巻 4 号. 149-157. (査読有り)

⑨Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2010: Performance of Aeolian Materials Sampler for the determination of amount of coarse organic matter transported during wind erosion events in Sahel, West Africa. *Pedologist*. 53(3). 126-134. (査読有り)

〔学会発表〕(計 9 件)

①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土壌水分動態に与える影響. 日本熱帯農業学会第 111 回講演会. 2012 年 3 月 31 日. 府中.

②伊ヶ崎健大、真常仁志、田中 樹、飛田 哲、舟川晋也、小崎 隆. 2011: 西アフリカ・サヘル地域の砂漠化の実態. 日本土壌肥料学会 2011 年度関東支部会. 2011 年 11 月 26 日. 松戸.

③伊ヶ崎健大、真常仁志、田中 樹、飛田 哲、舟川晋也、小崎 隆. 2011: 西アフリカ・サヘル地域での砂漠化メカニズム. 日本ペドロジー学会 2011 年度大会. 2011 年 9 月 2 日. 帯広.

④ Ikazaki, K. 2011: Mechanism and countermeasure of desertification in the Sahel, West Africa. International symposium on land degradation and pedology. 6-8 August, Tsukuba, Japan. (招待講演)

⑤ Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S. 2011: Field-scale movement of soil carbon and nitrogen by wind erosion in the Sahel, West Africa. International Symposium on Soil Organic Matter 2011, 11-14 July, Leuven, Belgium.

⑥伊ヶ崎健大、真常仁志、田中 樹、飛田 哲、舟川晋也、小崎 隆. 2010: 西アフリカ・サヘル地域における新たな砂漠化対処技術「耕地内休閑システム」の増収効果. 日本土壌肥

料学会 2010 年度大会. 2010 年 9 月 9 日. 札幌.

⑦真常仁志、林慶一、伊ヶ崎健大、田中樹、小崎隆、舟川晋也. 2010: 西アフリカ・サヘル地域における牛ふん分解量とトウジンビエ生産量の経年変化. 日本土壌肥料学会 2010 年度大会. 2010 年 9 月 9 日. 札幌.

⑧田口高介、横山典枝、伊ヶ崎健大、真常仁志、田中樹、飛田哲、舟川晋也. 2010: 西アフリカ・サヘル地域において休閑・耕作の年数が土壌養分及びトウジンビエ生育に与える影響. 日本土壌肥料学会 2010 年度大会. 2010 年 9 月 9 日. 札幌.

⑨Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S. 2010: A low-input agricultural practice "Fallow Band System" for wind erosion control and improvement of crop production in the Sahel. JIRCAS/ICRISAT Workshop on Fertility Improvement of Sandy Soils in the Sahel, 23 June, Niamey, Niger.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ues.tmu.ac.jp/tourism/>

<http://rafale.kais.kyoto-u.ac.jp/ikazaki/top.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊ヶ崎 健大 (IKAZAKI KENTA)

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教

研究者番号: 70582021