

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22405020

研究課題名(和文)半乾燥熱帯アフリカに根ざした「緑の革命」実現のための耕地生態学的研究

研究課題名(英文) Agro-ecological study to realize "Green Revolution" in the semiarid Tropics of Africa

研究代表者

真常 仁志 (Shinjo, Hitoshi)

京都大学・地球環境学堂・准教授

研究者番号：70359826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円、(間接経費) 4,110,000円

研究成果の概要(和文)：サハラ砂漠の南に広がる半乾燥地域(年降水量約400～800mm)は、貧困ゆえの環境破壊が深刻な砂漠化最前線である。本研究では、砂漠化防止につながる土壌管理技術の有効性を収量のみならず、養分収支にもとづく持続性の観点からも評価した。その結果、化学肥料の施用(施肥)は、作物生産を増加させるばかりか少雨の影響を緩和できることも明らかとなった。ただし、作物残渣が家畜の飼料や建材として耕地から持ち出される現行の農業体系では、量が少ないと施肥は土壌からの養分枯渇を逆に加速させていた。このように、施肥する場合でも、作物残渣の管理が持続性の観点から極めて重要であることを指摘できた。

研究成果の概要(英文)：In semiarid area extending in the southern periphery of the Sahara Desert with the annual precipitation of about 400-800 mm, serious environmental degradation due to poverty known as desertification prevails. In this research, we evaluated soil management practices that can combat desertification from the viewpoint of not only productivity but sustainability based on nutrient budget. We found that chemical fertilizer application could increase the productivity as well as alleviate impact of drought. However, in the conventional practice that removes crop residues from a field for animal feed or building materials, a little fertilization may even accelerate nutrient mining of soils. Thus, even in the case of fertilization, crop residue management plays a key role in sustainability of soils.

研究分野：農学A

科研費の分科・細目：植物栄養学・土壌学

キーワード：サヘル 緑の革命 耕地生態系 トウジンビエ 耕地内休閒

1. 研究開始当初の背景

サハラ砂漠の南に広がる半乾燥地域(年降水量約 400~800 mm)は、貧困ゆえの環境破壊がもっとも深刻で砂漠化最前線とも呼ばれている。当地域ではこれまでも食料増産や砂漠化防止につながる様々な土壌肥沃度管理技術の開発が進められてきた。しかし、このような技術の有効性が収量の増加のみで評価され、養分収支にもとづく持続性の観点が抜け落ちてきたことは重大な問題である。将来に禍根を残さず、アジアでの緑の革命のような功罪半ばする評価とならない真の「緑の革命」に資する技術の創出が必要である。養分収支の観点から既往の土壌肥沃度管理技術を評価してみると、施肥・休閒・マメ科作物の導入といった系外からの養分流入を重視した技術と、作物残渣・「耕地内休閒」といった系外への養分流失防止に効果がある技術に分かれる。「耕地内休閒」とは、我々が開発した省力的な土地管理技術で、耕地内に 5m 幅の休閒植生帯を適当な間隔で設け、風により運ばれる肥沃な表層土壌(風成物質)を捕捉する。翌年この休閒帯を風上に移動させ、前年休閒帯であった場所を耕作すると、休閒帯作成による面積減少を補って余りあるほど収量が増加することがわかっている。しかしこの技術は、系外から養分を呼び込む要素を持っていなかった。また、適用できる生態環境も明らかとはなっていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、耕地生態系外への養分流失を防止し、系外からの養分流入を可能にする土地管理技術の創出、その有効性を裏付けるメカニズムの解明、さらに適用指針の策定を通してアフリカの半乾燥地域における作物生産の持続的向上 - 「緑の革命」 - を実現することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 処理区の設定

ICRISAT 西・中央アフリカ支所(在ニジェール)において圃場試験を実施した。耕地内休閒を発展させる上で考慮すべき技術要素として、休閒帯における植物の種構成、栽培作物の肥培管理法を取り上げた。休閒植生帯において翌年トウジンビエを栽培し、植生帯改良の効果について検証した。さらに、植生帯を作成した年度が異なる試験区において、植生帯による肥沃度向上効果と施肥の相乗効果についても検証した。

(2) 肥沃度メカニズムの解明

処理区において、作付の前後で土壌を深度別に採取し、養分賦存量を評価することで、植生帯設置による肥沃度向上の効果を定量的に明らかにした。さらに、トウジンビエの養分含量も測定し、土壌-植物系における養分収支についても評価した。

ミニライゾトロンによる根系調査を実施

した。ミニライゾトロンとは、あらかじめ土壌に挿入しておいたアクリルチューブ内に、グラスファイバーの先に取り付けた CCD カメラを導入し、チューブ周辺に存在する根の様子を非破壊的に観察・定量する方法であり、根系の発達具合を非破壊的かつ経時的に観察できる。植生帯による風成物質の堆積が根系発達に及ぼす影響を評価した。

4. 研究成果

耕地内休閒の改良点は、休閒植生帯の管理法と前年休閒帯であった場所での耕作法の 2 点であった。まず前者について休閒植生の代わりにマメ科作物の播種あるいはリン鉱石施用の有無という 2 処理を組み合わせた試験を行い、これら処理の効果をトウジンビエによって検証した。その結果、これらの処理による有意な正の効果は認められなかった。後者については、植生帯であった場所での施肥の効果を検証するため、植生帯作成後の栽培年数が異なる場所(1年~3年)の 3 処理と対照区として連続耕作区の計 4 処理区において、トウジンビエを施肥あるいは無施肥で栽培した。その結果、休閒植生帯の増収効果は 3 年間持続しており、施肥による増収効果は有意であった。

ミニライゾトロンによる根系調査を実施した結果、空間的な根の分布を経時的に追跡することができ、施肥により根伸長領域が拡大していることが明らかとなった。つまり、施肥による増収のメカニズムとして、施肥によりトウジンビエの根の初期成長が促進され、土壌由来の窒素が無施肥に比べより効率的に吸収されたものと示唆された。

しかし、施肥区においてトウジンビエ地上部に吸収された窒素量は、施肥によって投入された窒素量を超えていた。したがって地上部すべてを圃場外へ持ち出す現行の農業体系では、施肥によって持ち出される養分が増え、持続性が逆に危ぶまれることがわかった。

同様の生態環境にあるナミビアで実施した試験からも、施肥による根伸長領域の拡大が干ばつの影響を緩和する結果が得られ、サヘルやナミビアのような少雨地域でも施肥の有効性が実証されたことは意義深い。ただし、作物残渣が家畜の飼料や建材として耕地から持ち出される場合、施肥量が少ないと施肥が逆に土壌からの養分枯渇を加速させることが今回の研究により初めて明らかとなった。したがって、耕地生態系における持続的養分管理の実現のためには、施肥量とともに作物残渣の管理が極めて重要であると指摘できる。

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 10 件)

Sugihara, S., Funakawa, S., Ikazaki,

K., Shinjo, H., and Kosaki, T. 2014. Rewetting of Dry Soil did not Stimulate the Carbon and Nitrogen Mineralization in Croplands with Plant Residue Removed in the Sahel, West Africa. *Tropical Agriculture and Development*, 58, 8-17

小村陽平、田中樹、佐々木夕子、真常仁志。2013。サヘル地域の村落における「危機の年」の認識と対処行動 - ニジェール南部のハウサおよびフルベの村落を事例に -、*システム農学*, 29(2), 41 - 50

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(2), 73-83

Hayashi, K., Matsumoto, N., Hayashi, E. T., Abdoulaye, T., Shinjo, H., Tabo, R., Matsunaga, R., and Tobita, S. 2012. Estimation of nitrogen flow within a village-farm model in Fakara region in Niger, Sahelian zone of West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 92, 289-304 DOI: 10.1007/s10705-012-9490-4

Nakamura, S., Hayashi, K., Omae, H., Ramadjita, T., Dougbedji, F., Shinjo, H., Saidou, A. K., and Tobita, S. 2011. Validation of soil organic carbon dynamics model in the semi-arid tropics in Niger, West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89, 375-385 DOI: 10.1007/s10705-010-9402-4

Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2011. Aeolian materials sampler for measuring surface flux of soil nitrogen and carbon during wind erosion events in the Sahel, West Africa, *Transactions of the ASABE*, 54(3), 983-990

Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2011. Field-scale aeolian sediment transport in the Sahel, West Africa. *Soil Science Society of America Journal*, 75, 1885 - 1897 doi:10.2136/sssaj2010.0416

Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., and Kosaki, T. 2011. "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 Science and Plant Nutrition*, 57(4), 573-586

真常 仁志, 荒木 茂。2011。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」。 *日本土壌肥料学雑誌*, 82(4), 330-337

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・サヘル地域における農耕民および牧畜民の生業と暮らし - 「危機の年」とその対処行動に注目して -。 *システム農学*, 27(4), 149-157

〔学会発表〕(計 19件)

Shinjo, H., Ikazaki, K., Imanaka, S., Tanaka, U., Hayashi, K., Tobita, S., and Kosaki, T. 2014. Sustainable and efficient land management practices in the Sahel. Poster Presentation 8-13th June 2014, Jeju Korea

田口高介・真常仁志・伊ヶ崎健大。2014。西アフリカ・サヘル地域において土性がトウジンビエ生育に与える影響。2014年日本ペドロロジー学会。島根大学。2014年3月21日

伊ヶ崎健大・真常仁志・田中 樹・石川裕彦・舟川晋也・小崎 隆。2013。西アフリカ・サヘル地域において砂漠化が土壌水分動態に与える影響。日本ペドロロジー学会2013年度大会。2013年10月25日。東北大学(仙台)

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

Sugihara, S, Funakawa, S., Shinjo, H., Kadono, A., Takata, Y., Sawada, K., Ikazaki, K., Fujii, K., & Kosaki, T. 2013. In situ short-term dynamics of CO2 flux and microbial biomass after simulated rainfall in dry croplands under the different climate and soil texture. IUSS Global Soil Carbon Workshop, June 3-6, 2013 Wisconsin, USA.

Ueru TANAKA, K. IKAZAKI, Y. SASAKI, H. SHINJO and S. TOBITA 2013 : A technique practical and affordable for local people to improve crop performance with erosion control in the Sahel, West Africa. Conference on Desertification and Land Degradation, July 17 - 18, 2013, University of Ghent, Belgium

Yuko SASAKI, Ueru TANAKA, Kenta IKAZAKI, Hitoshi SHINJO, Satoshi TOBITA 2013 : Lessons learnt from the extension of practical technique to

control wind erosion with improvement of crop performance in Niger, West Africa. Conference on Desertification and Land Degradation, July 17 - 18, 2013, University of Ghent, Belgium
T. Shimizu, U. Tanaka, Y. Sasaki, K. Ikazaki, H. Shinjo and H. Nakamura
Co-design of practical technique using local materials and knowledge to control water erosion with improvement of household income in Niger, West Africa. Conference on Desertification and Land Degradation, July 17 - 18, 2013, University of Ghent, Belgium

Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., Kosaki, T. 2013. "Fallow Band System", a do-nothing practice for controlling wind erosion and improving soil fertility in the Sahel, West Africa. Conference on Desertification and Land Degradation. June 17-18, 2013. University of Ghent, Belgium

田中樹, 佐々木夕子, 清水貴夫, 伊ヶ崎健大, 真常仁志. 2012. 実践性の高い砂漠化対処技術や普及法の開発と実証 - 地域の特徴や人々の暮らしとの親和性を与える技術設計を意識して -. 日本国際地域開発学会 2012 年度秋季大会。新潟大学。2012 年 12 月 8 日

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. SSSA 2012.10.21-24 Cincinnati

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 鳥取

田中樹, 佐々木夕子, 清水貴夫, 伊ヶ崎健大, 真常仁志, 中村洋, 瀬戸進一, サヘル地域での砂漠化対処に関する技術論の課題と展望、国際開発学会 ポストイベント：西アフリカ内陸半乾燥地での砂漠化対処と生計向上支援のあり方を探る、横浜市（JICA横浜）2012年6月3日

田中樹, 伊ヶ崎健大, 真常仁志, 佐々木夕子, 小村陽平, サヘル地域における砂漠化対処のスケールと技術論、国際開発学会第13回春季大会、セッション11：<企画>砂漠化対処への実践技術と普及手法、横浜市（横浜国立大学）2012年6月2日

佐々木夕子、田中樹, 伊ヶ崎健大, 真常仁志, 小村陽平、サヘル地域村落の社会ネットワークと導入技術の普及アプローチ

チ、国際開発学会第13回春季大会、セッション11：<企画>砂漠化対処への実践技術と普及手法、横浜市（横浜国立大学）2012年6月2日

中村洋, 清水貴夫, 瀬戸進一, 田中樹, 真常仁志, 在来技術の活用と生計向上を意識した水食抑制への取り組み、国際開発学会第13回春季大会、セッション11：<企画>砂漠化対処への実践技術と普及手法、横浜市（横浜国立大学）2012年6月2日

瀬戸進一, 田中樹, 伊ヶ崎健大, 真常仁志, 中村洋, ニジェール共和国における風食抑制技術の普及の成果と課題、国際開発学会第13回春季大会、セッション11：<企画>砂漠化対処への実践技術と普及手法、横浜市（横浜国立大学）2012年6月2日

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・サヘル地域における風食抑制と増収を目指す新たな砂漠化対処技術の開発（第三報）増収効果の実証。日本熱帯農業学会第109回講演会、明治大学農学部（川崎市）2011年3月28～29日

佐々木夕子・田中樹・伊ヶ崎健大・真常仁志・飛田哲・舟川晋也. 2011. 西アフリカ・サヘル地域の村落における技術導入の経緯と普及との関係。日本熱帯農業学会第109回講演会、明治大学農学部（川崎市）2011年3月28～29日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

真常 仁志 (SHINJO, Hitoshi)
京都大学・大学院地球環境学堂・准教授
研究者番号：70359826

(2) 研究分担者

田中 樹 (TANAKA, Ueru)
総合地球環境学研究所・研究部・准教授
研究者番号：10231408

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
(平成24年度より)

(3) 連携研究者

飛田 哲 (TOBITA, Satoshi)
国際農林水産業研究センター・生産環境領域・主任研究員 (当時)
研究者番号：30450266
(平成22年度のみ)