

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：82104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870475

研究課題名(和文)西アフリカ・半乾燥地で近年頻発する洪水 - その発生メカニズムの解明と対処技術の提案

研究課題名(英文) Mechanism of and countermeasure against recent floods in the semi-arid region of West Africa

研究代表者

伊ヶ崎 健大 (Ikazaki, Kenta)

国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・生産環境・畜産領域・研究員

研究者番号：70582021

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：砂漠化の最前線として知られる西アフリカの半乾燥地(サヘル地域)では、干ばつ被害が慢性化しているが、近年洪水被害も急増しており、2010年には両者の被災者数が並んだ。本研究では、流域水循環予測モデルであるSWATを用いて最近50年の土地条件の変化が直接流出量に与える影響を評価した。その結果、近年頻発するサヘル地域での洪水は、砂漠化の進行に伴う耕地でのクラスト層の露出による流出率の増加に起因することを示した。また同じくSWATを用いた解析により、サヘル地域で風食による砂漠化の対処技術として開発された「耕地内休閒システム」が洪水対策としても有効であることも示した。

研究成果の概要(英文)：The number of floods has been sharply increased in the semi-arid region (the Sahel) of West Africa which is well known as a front of desertification and the sufferers from floods in 2010 finally came level with those of droughts. In this study, the effect of changes in landuse and soil conditions on runoff in the last 50 years was evaluated on a watershed scale using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). The SWAT is a numerical model which simulates hydrological cycle from the inputs data of topography, land, soil and climate. It was shown that recent floods in the Sahel were mainly due to the increase in runoff ratio caused by the exposure of crust layers (hydraulic conductivity is low) on the surface of the cultivated fields. It was also found that the "Fallow Band System," countermeasure against wind erosion in the Sahel, can be a measure to reduce the runoff ratio by the coverage of the crust layers with loose sand layer (hydraulic conductivity is high).

研究分野：環境土壌学

キーワード：乾燥地 流域管理 水災害 クラスト 砂漠化 貧困

1. 研究開始当初の背景

半乾燥地に属する西アフリカ・サヘル地域では、毎年干ばつにより約 100 万人が被災しているが、その一方で近年洪水も指数関数的に増加しており (OFDA/CRED International Disaster Database)、2010 年および 2012 年にはそれぞれ 100 万人の被災者を出すに至った (DREF 2010, 2012)。これに対して、Boulain et al. (2009) は洪水は降水量の増加ではなく、蒸発散量の多い休閑地が少ない耕地へ変化したことに起因するとし、また Mahé and Paturel (2009) は農業生態系で流出率 (降水量のうち土壤に浸み込まず表面流出になる割合) が増加している可能性を指摘したものの、未だ 近年頻発する洪水の発生メカニズムは明らかでなく、対処策も提案されていない。

一方、研究代表者らはこれまでの研究から、①サヘル地域の表層土は、透水性の低いクラスト (土膜) 層の上に透水性の高いルーズな砂層が数 cm 程度乗っていること、②砂漠化 (風食) によりルーズな砂層は年間 4~5mm 飛散すること、③砂漠化が進行するとルーズな砂層が飛散し、地表面にクラスト層が露出するため、流出率が年平均 5 倍になることを示し、④さらに、サヘル地域では現在耕地が土地の 60% 程度を占めることから、この砂漠化の進行に伴う耕地での流出率の急増が近年頻発する洪水の原因である可能性を指摘した (なお、休閑地と砂漠化が進行していない耕地では流出率はほぼ変わらない)。

最貧国が集中するサヘル地域では、実質的に国主導の土木工学的防災対策が期待できない。しかし、近年の洪水が耕地での流出率の増加に起因している場合は、耕地での農民 (国民の 80% 以上を占める) 主体の対策で問題に対処できる可能性がある。ただし、Rinaudo (1996) によればサヘル地域の農民は経済面でも労働力面でも余裕がないことから、実施可能な技術は限定的で、また生計向上に直結する短期的な利益が望める技術しか採用しない。

これに対して、研究代表者らが開発した「耕地内休閑システム」は播種と除草を行わない (つまり何もしない) ことで実施できる技術であり、風食を原因とする砂漠化を約 70% 抑制でき、かつ 30~80% の増収も期待できることから、農民の実施可能性が極めて高い (2013 年 3 月現在ニジェール共和国の 5 州 23 地域 89 村約 500 世帯に普及している)。また本技術を 7 年以上継続した場合、耕地の半分でクラスト層の上にルーズな砂層を形成

でき (風食とのバランスにより全面には形成できない)、その場所の土壤浸透能を砂漠化以前の状態にまで回復できることから、耕地での洪水対策技術として大きな可能性を秘めている。

2. 研究の目的

本研究では、①上記の仮説「近年頻発するサヘル地域での洪水は、砂漠化の進行に伴う耕地でのクラスト層の露出による流出率の増加に起因する」を Soil and Water Assessment Tool (SWAT: アメリカ農務省が開発した ArcGIS 上で動作する 3 次元の流域水循環予測モデルで、土壤パラメータを細かく設定できる) を用いて検証することで、近年急増する洪水の発生メカニズムを明らかにすること、および②「耕地内休閑システム」の洪水対処技術としての有効性を同モデルにより検証し、現地の農民でも実施可能な対処技術を提案することを目的とした。

3. 研究の方法

まず、モデル上でサヘル地域に位置するニジェール共和国の対象流域 (約 220 km²) における 1965 年 (砂漠化以前でほとんど洪水が発生しなかった時期) および 2010 年 (砂漠化が進行し大規模な洪水が発生した時期) の農業生態環境を再現した。

次に、1996 年~2006 年の気象データを用いてそれぞれの流域で直接流出量を算出し、その比較により仮説を検証した。さらに、SWAT 上で再現された 2010 年の「耕地 (砂漠化後)」に土壤浸透能の改善策として「耕地内休閑システム」を導入し、その流出量削減効果を算出することで、「耕地内休閑システム」の洪水対処技術としての有効性を検証した。

(1) SWAT の構造

SWAT は下記①~⑤のデータを用いて流域での水循環 (本研究の場合には主に直接流出量) を予測するモデルである。

- ① 地形データ
- ② 土地利用データ
- ③ 植生データ
- ④ 土壤データ
- ⑤ 気象データ

(2) 各データの取得方法

- ① 対象地: 国際家畜研究所 (ILRI) に“サヘル地域の典型”として選ばれたニジェール共和国コロ県ファカラ地域の流域

(約 220 km²) を対象地とした。

- ① 地形データ：ASTER GDEM2 を用いた。
- ② 土地利用データ：Peugeot et al. (2003) を参考に、対象地を「台地」「集落」「休閒地」「耕地(砂漠化以前)」「耕地(砂漠化後)」に分類した。まず、「台地」を 50000 分の 1 地形図から判別した。1965 年の土地利用については、「耕地(砂漠化後)」がないと仮定し、「集落」、「休閒地」、「耕地(砂漠化以前)」を研究代表者らが開発した手法 (Shinjo et al. 2005) により、コロナ衛星画像から分類した。2010 年の土地利用については、上記の方法でまず「集落」、「休閒地」、「耕地」を PRISM 画像から分類し、さらに、「耕地(砂漠化以前)」と「耕地(砂漠化後)」を AVNIR-2 画像から算出した正規化植生指数 (NDVI) とグランドトゥールースから分類した。クラスト層が露出する「耕地(砂漠化後)」では、「耕地(砂漠化以前)」に比べて植物バイオマス量が 10~30% になるため、NDVI による判別が可能である。
- ③ 植生データ：台地を Range Brush、休閒地を Range Grass とした。また耕作地での作目を Pearl Millet (管理は慣行法) とした。各植生のパラメータについては、対象地の実情に合わせて適宜初期値から変更した。
- ④ 土壌データ：各土地利用に土壌が対応するとして、土地利用毎に現地調査およびラボでの実験結果に基づき土壌パラメータを設定した。
- ⑤ 気象データ：対象地の周辺で記録された 1996 年~2006 年の各種気象データを用いた。

なお、1965 年の植生データおよび土壌データを取得することはできないため、便宜上 1965 年と 2010 年の同一土地利用における植生条件および土壌条件は同じであると仮定した。

4. 研究成果

(1) 近年急増する洪水の発生メカニズムの解明

1965 年の土地利用では、耕地が 8%、休閒地が 67% であったのに対して、2010 年のそれでは、耕地が 52%、休閒地が 22% であった。よって、最近 50 年で休閒地が大きく減少し、その分耕地が増えたことが示された。この結果は Leduc et al. (2001) のそれと類似している。

土壌については、2010 年の耕地では実にそ

の 1/3 でクラスト層が露出していると推定された。

この結果として、直接流出量は 2010 年の土地条件で 1965 年のそれに比べ有意に高くなった (下図)。また、直接流出率は、2010 年の土地条件で 1965 年の約 1.6 倍に増加することがわかった。今、Descroix et al. (2012) に基づき、ニアメ市 (ニジェール共和国の首都で本研究対象地の近傍) のニジェール川に流入する雨水の割合を 1950 年代~2000 年代まで算出すると、最近 50 年でニジェール川へ流入する雨水の割合は約 1.8 倍増加していることがわかった。これは、クラスト層の露出による直接流出率の増加分 (約 1.6 倍) とほぼ等しいことから、仮説「近年頻発するサヘル地域での洪水は、砂漠化の進行に伴う耕地でのクラスト層の露出による流出率の増加に起因する」は概ね正しいことが示された。また、ニジェール川へ流入する雨水の割合の増加に寄与した「クラスト層の露出による流出率の増加」以外の要因としては、従来川に流入せずに台地、台地の縁、斜面上部で水溜りとなってそのまま蒸発もしくは地下浸透していた雨水が、台地の縁から斜面上部において近年ガリーが伸長したことで、そのガリーを通して川に流入するようになったことが考えられる。

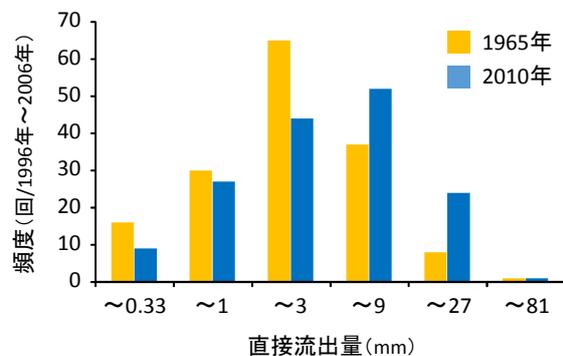


図 各年の土地条件下での直接流出量

(2) 「耕地内休閒システム」の洪水対策としての有効性

2010 年の「耕地(砂漠化後)」に「耕地内休閒システム」を導入し、直接流出量がどの程度軽減されるか算出した結果、クラスト層の露出に伴う流出率の増加を約 40% 抑制できることがわかった。よって、「耕地内休閒システム」だけで、近年の直接流出率の増加を完全に止めることはできないものの、洪水の発生件数については抑えることができることから、「耕地内休閒システム」が洪水対

処技術としても有効であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- (1) 伊ヶ崎健大 (2015) 原因とは戦うしかないのか? 砂漠化最前線での“何もしない”対処技術. 科学. 85, 1089-1090.
- (2) Ikazaki, K. (2015) Desertification and a New Countermeasure in the Sahel, West Africa. Soil Science and Plant Nutrition. 61, 372-383. (査読付)
- (3) 田中 樹・伊ヶ崎健大・真常仁志・飛田哲 (2014) 風による土壌侵食の抑制と収量向上を両立させる砂漠化対処技術. 環境研究. 176, 5-14.

〔学会発表〕(計7件)

- (1) 伊ヶ崎健大・真常仁志・田中 樹・舟川晋也・小崎 隆 (2015) 西アフリカ・サヘル地域において侵食程度が作物収量に与える影響. 日本土壌肥料学会2015年度大会. 09月09日～09月11日. 京都市, 京都大学.
- (2) 伊ヶ崎健大 (2015) サヘルでの暮らしにとけこむ砂漠化対処. 日本沙漠学会沙漠誌分科会国際土壌年特別研究会「乾燥地土壌と人々の生業」. 11月15日. 東京, 首都大学東京秋葉原キャンパス.
- (3) Ikazaki, K. (2015) Practical technique for desertification control affordable by local people. Joint seminar: What we learnt from the interrelations between livelihood and ecological environment in arid and semi-arid Africa. 16 Oct., Paris, France.
- (4) 伊ヶ崎健大・真常仁志・田中 樹・石川裕彦・舟川晋也・小崎 隆 (2014) 西アフリカ・サヘル地域における洪水発生メカニズムの解明. 日本土壌肥料学会2014年度大会. 09月09日～09月11日. 東京, 東京農工大学.
- (5) 伊ヶ崎健大・雨宮尚弘・真常仁志・田中樹・石川裕彦・舟川晋也・小崎 隆・南雲不二男 (2015) サヘル地域の洪水は休閑地の減少に起因するのか?. 日本ペド

ロジー学会2015年大会. 3月21日. 茨城, 筑波大学.

- (6) Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., Kosaki, T. (2014) “Fallow Band System”, a do-nothing practice for controlling desertification and improving crop production in the Sahel, West Africa. 20th World Congress of Soil Science. 8-13 June, Jeju, Korea.
- (7) Shinjo, H., Ikazaki, K., Imanaka, S., Tanaka, U., Hayashi, K., Tobita, S., Kosaki, T. (2014) Sustainable and efficient land management practices in the Sahel. 20th World Congress of Soil Science. 8-13 June, Jeju, Korea.

〔図書〕(計4件)

- (1) 伊ヶ崎健大 (2016) 風食が引き起こす砂漠化—砂漠化の最前線(西アフリカ・サヘル地域)、『最新農業技術 土壌施肥 vol.8』 pp27-33 (総ページ数 276). 農文協.
- (2) 伊ヶ崎健大 (2016) 風食が引き起こす砂漠化、『農業技術大系「土壌施肥編」追録第27号』 pp16-22 (総ページ数 354). 農文協.
- (3) 伊ヶ崎健大 (2015) 西アフリカ・サヘル地域における砂漠化防止の最前線、矢内純太ら編『土のひみつ』 pp186-189 (総ページ数 228). 朝倉書店.
- (4) 伊ヶ崎健大 (2015) 砂漠化と風食—アフリカ・サヘル地域—、日本土壌肥料学会編『世界の土・日本の土は今』 pp17-23 (総ページ数 128). 農文協.

〔その他〕

受賞:

- (1) 第25回「日経地球環境技術賞」・優秀賞. 「暮らしを支える生業活動を通して実施可能な砂漠化対処技術の開発」(受賞者: 田中樹、伊ヶ崎健大、真常仁志、飛田哲)、日本経済新聞社、2015年11月6日.
- (2) 第13回日本農学進歩賞. 「西アフリカ・サヘル地域における砂漠化メカニズムの

解明と省力的砂漠化対処技術の開発及び普及」(受賞者:伊ヶ崎健大)、農学会、2014年11月28日.

- (3) 第20回世界土壌科学会議・優秀発表賞 (Distinguished Talk). 「“Fallow Band System”, a do-nothing practice for controlling desertification and improving crop production in the Sahel, West Africa」 (受賞者名: Ikazaki, K., Shinjo, H., Tanaka, U., Tobita, S., Funakawa, S., Kosaki, T.)、国際土壌科学連合、2014年6月13日.
- (4) 第20回世界土壌科学会議・優秀ポスター発表賞 (Best Poster Award)、 「Sustainable and efficient land management practices in the Sahel」 (受賞者名: Shinjo, H., Ikazaki, K., Imanaka, S., Tanaka, U., Hayashi, K., Tobita, S., Kosaki, T.)、国際土壌科学連合、2014年6月10日.
- (5) 第41回「環境賞」・環境大臣賞および優秀賞. 「風による土壌侵食の抑制と収量向上を両立させる砂漠化対処技術」(受賞者: 田中樹、伊ヶ崎健大、真常仁志、飛田哲)、日立環境財団・日刊工業新聞、2014年5月20日.
- (6) 第32回奨励賞. 「西アフリカ・サヘル地域における砂漠化の現状評価とそれに基づく省力的対処技術の開発および普及」 (受賞者: 伊ヶ崎健大)、日本土壌肥料学会、2014年4月4日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊ヶ崎 健大 (IKAZAKI, Kenta)

国立研究開発法人・国際農林水産業研究センター・生産環境畜産領域・研究員
研究者番号: 70582021