

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K08008

研究課題名(和文) 降雨パターンの変動が農地土壌に及ぼす影響の解明とリスク軽減技術の開発

研究課題名(英文) Study on effects of changes in rainfall distribution pattern on soils of arable land and development of technologies for reducing risks.

研究代表者

鈴木 伸治 (SUZUKI, Shinji)

東京農業大学・地域環境科学部・教授

研究者番号：00459710

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：気候変動に伴う降雨パターンの変化を背景に、作物の正常な生育を脅かすほどの乾燥をもたらす連続干天と、土壌侵食の要因となる湛水を引き起こす強度の大きい降雨の発生頻度がともに、有意な増加傾向であることが明らかになった。上記の研究の過程で、表面湛水を直接観測する手法や、湛水を引き起こす降雨強度の判定手法、また、時間的・空間的に解像度の高い表面流出のリスク評価手法を確立できた。さらに、このような降雨パターンによる農地の被害を軽減するため、雨水を迅速に下方に浸透させる方法として、作物根が形成する根成孔隙に着目し、その機能について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の気候変動に伴い、全国的に、作物の生育を脅かす連続干天と、土壌侵食を引き起こすほどの強い雨の頻度がともに増加していることが明らかになった。この研究の過程で、表面湛水が生じるメカニズムを明らかにすることができ、また、どのくらいの強さの雨で土壌侵食が発生するのかを判定する手法や、時間的・空間的に高い解像度で広域的に土壌侵食のリスクを評価する手法を開発した。さらに、これらのリスクを軽減するために、作物根が土壌内に作り出す孔隙に着目し、雨水を積極的に下方へ浸透させる手法について検討した。

研究成果の概要(英文)：Frequency of both continuous no-rain days which cause drought for crops and short term intense rain fall which causes soil erosion was found to be significantly increasing. The current study developed an observation method of direct water ponding, a method to identify rainfall intensity causing water ponding, and risk assessment method of surface runoff on bare agricultural land with spatio-temporal resolution. Further, a function of bio macro pore created by crop roots to facilitate infiltration was examined.

研究分野：農業農村工学，土壌物理学，環境工学，農業水文学，農業気象学

キーワード：気候変動 干ばつ 表面湛水 短時間強雨 土壌侵食 土壌水分動態 吸水度 誘電土壌水分センサ

1. 研究開始当初の背景

我が国の畑地面積のうち、20%強が北海道東部である道東地方に分布している。また、我が国の牧草地のうち、40%近くが道東地方に分布している。このように、北海道の道東地方は、我が国の食料生産において重要な位置づけにある。道東地方のうち、オホーツク海に面した網走地域もまた、畑作や酪農の大規模経営が盛んであるが、年間の降水量が800mm程度と、我が国で最も降水量の少ない地域の1つである。近年、網走地域周辺では干天発生回数の増加が報告されている(早野ら, 2001)。また将来において、この地域周辺では夏季(7月)の降水量が減少する可能性が示されている一方で(気象庁, 2005)、年最大日雨量が増加しているとの報告がある(杉山・佐渡, 2006)。そのため網走地域の農地土壌では今後、乾湿の変化が著しくなることが懸念される。さらに申請者らの予備的な解析では、我が国の複数個所で同様の傾向が生じている兆しが確かめられている。このように、我が国では網走地域をはじめとして、気候の変動が農地の水文環境の変化を引き起こしていることが推察される。このような状況に応じて農地の土壌管理と水管理を適切に行うためには、気候および水文環境の変化に関する知見の蓄積が必要である。すなわち、連続無降雨日の頻度の増加によって、干害に対する懸念が高まるのか、あるいは1回の降雨イベントにおける降雨量の増加によって、土壌侵食や湿害等の被害が増えるのかを明らかにする必要がある。降雨に対する土壌水分の応答は、土壌の種類によっても異なるため、多様な種類の土壌について検討しなければならない。

作物生産の観点では、深さの浅い範囲に根系が限られた場合、干害を受けやすい(伊藤ら, 2014)。我が国の畑地灌漑の整備率は低く、また水資源の問題から、個々の農家の農法を改良することによって、雨水の浸透をコントロールする対策が求められる。すなわち、根系が下方へ発達するように促し、より積極的な雨水の浸透を促すことが望ましい。しかし大規模経営の畑地土壌では、硬盤層が形成される場合が多く(中津ら, 2004)、根系の発達および雨水の下方浸透の両者に対して障害になっている。

干害や湿害、あるいは土壌侵食は農家の減収に直結するため、我が国の農業の生き残りを図るためには、労力とコストの面からも、農家にとって実施可能な農法(技術)を検討する必要がある。そこで本研究では、気候変動に対するリスクの低減手法として、雨水浸透を促進し、次期作の根系を下層へ発達させる手法について検討する。具体的には、作物を利用した根性孔隙(粗孔隙)を土壌中に発達させることに着目する。

2. 研究の目的

(1) 土壌の極端な乾湿の長期変動傾向の検討

干ばつや大雨といった気象の極端現象は、作物の生育を制限するような農地土壌の極端な乾燥と湿潤を引き起こす可能性がある。気象の極端現象が土壌の極端現象の発生に及ぼす影響について検討するとともに、土壌の極端現象の発生頻度の推移を明らかにすることを目的とした。

(2) 湛水の直接観測手法の開発と湛水を生じさせうる降雨の長期変動傾向の検討

降雨強度(単位時間当たりの雨量)が土壌の浸透能(単位時間当たりの浸透量)を超えると、傾斜がある農地では土壌中に浸透しきれなかった余剰な雨が流去するため、表層土壌の流亡を引き起こす。流出量や土壌の流亡量の測定は、測定装置が大掛かりになる。そこで、表面流去の引き金となる土壌表面の湛水を直接観測することができれば、表面流去を引き起こす降雨強度の特定や、土壌の浸透のメカニズムの解明に寄与できるものと考えた。

(3) 作物根が作り出す粗孔隙による下方浸透の促進の検討

短時間強雨による湛水発生リスクを回避するためには、水を下方に浸透させる方法を検討する必要がある。雨水の下方浸透を促進させる要素として、根成孔隙の機能を評価することを通して、湛水発生メカニズムについて検討することを目的とした。

(4) 表面流去の広域的なリスク評価手法の検討

短時間強雨による土壌流亡は、農地が裸地の状態になるきに大きな被害が予想される。農地では周期的に裸地が出現することから、近年、時間的・空間的解像度が向上している衛星画像と傾斜データを重ね合わせることで、農地における裸地面積の抽出と、広域的な表面流去のリスクを評価する手法について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 土壌の極端な乾湿の長期変動傾向の検討

日本の畑地の多くは黒ボク土であるため、黒ボク土畑において、気象の極端現象の増加が土壌の極端現象の発生に与える影響について明らかにすることは意義が大きい。そこで本研究では、気象の長期データがあり、黒ボク土が広く分布する東京都世田谷区と北海道網走市を対象とし

た。なお、土壌表層のマトリックポテンシャルが生長障害水分点(-1000 cm)に到達、ないしはそれを下回る程度の乾燥を極端な乾燥、一方で、湿害や土壌侵食の要因となりうる土壌表面の湛水を極端な湿潤と考え、検討を行った。

(2) 湛水の直接観測手法の開発と湛水を生じさせる降雨の長期変動傾向の検討

東京農業大学世田谷キャンパス内の実験圃場において、地表面に水平に設置した誘電土壌水分センサ(水平設置センサ)と、地表面から鉛直に土壌に設置した誘電土壌水分センサ(垂直設置センサ)を組み合わせることにより、湛水の直接的な観測を試みた。さらに、土壌の吸水度と体積含水率の関係を求めることによって、表面湛水が生じる降雨強度について解析を行うとともに、そのような降雨の長期変動傾向について検討した。

また、横浜市都筑区の傾斜畑を対象とし、降雨の観測に併せて、降雨の際に土壌表面に発生する湛水の有無と、傾斜地下流部における土砂流出を測定した。

(3) 作物根が作り出す粗孔隙による下方浸透の促進の検討

トウモロコシを用いて、雨水や土壌面湛水の浸透に及ぼす根成孔隙の影響を検討した。

(4) 表面流去の広域的なリスク評価手法の検討

網走市の農地を対象に、近年解像度が向上している衛星画像と傾斜データを重ね合わせることで、時間的、空間的に高い解像度で裸地における広域的な表面流出のリスク評価を試みた。

4. 研究成果

(1) 土壌の極端な乾湿の長期変動傾向の検討

我が国の農地でも、作物の正常な生育を脅かすほどの乾燥をもたらす連続干天と、土壌侵食の要因となる湛水を引き起こす強度の大きい降雨について、それらの発生頻度がともに、有意な増加傾向であることが明らかになった(図1, 図2)。

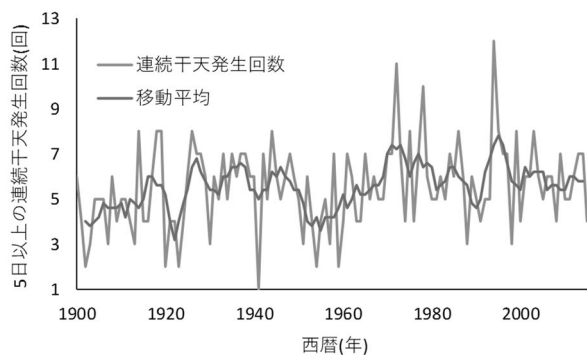


図1 世田谷区の5日以上の連続干天発生回数

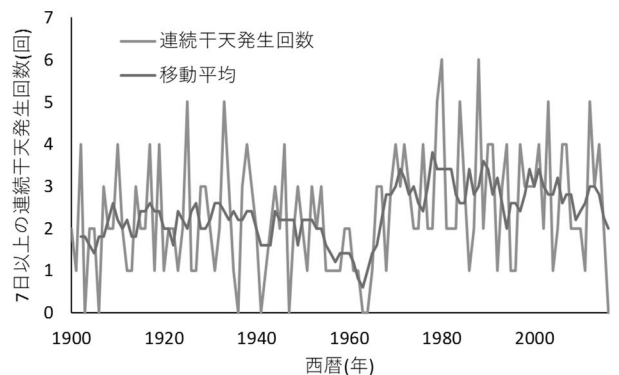


図2 網走市の7日以上の連続干天発生回数

(2) 湛水の直接観測手法の開発と湛水を生じさせる降雨の長期変動傾向の検討

水平設置センサと垂直設置センサの組み合わせによる表面湛水の観測は、目視による観察とよく一致した。また、土壌の吸水度を用いたモデルによる判定ともよく一致した。そこでモデルと観測結果を用いて検討したところ、東京農業大学世田谷キャンパス内の実験圃場(黒ボク土)では、土壌水分量によらずに湛水が生じる降雨の強度は8.5 mm/10分であることが明らかになった。さらに、1940~2016年までの気象データを用い、10分間で8.5 mm以上の降雨の発生頻度について Kendall 検定を用いて調べたところ、1%の有意水準で増加の傾向がみられた(図3)。なお、モデルで必須となる土壌水分量と吸水度の関係は、季節を通じて一定であることが確認できた。

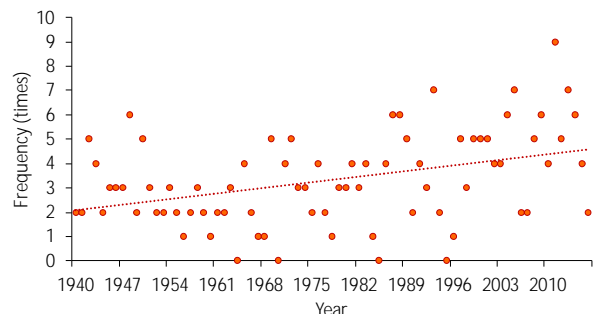


図3 8.5 mm/10分の雨の頻度

傾斜畑による観測では、流出が起こる際には必ず、それに先立って表面湛水(流出)が生じ、また多量の土砂も流出することが観測によって示された。本調査では、3.0mm以上/10分(18 mm以上/時間)の降雨強度であれば、確実に表面流出が発生すると推察された。なお横浜市の場合、3.0mm以上/10分の雨は、全降雨イベントのうち4回に1回の割合で降る雨に相当したが、このような降雨の長期変動傾向は認められなかった。

(3) 作物根が作り出す粗孔隙による下方浸透の促進の検討

作物根による雨水浸透の顕著な効果は認められなかった。飽和透水係数が影響する毛管飽和状態は5 cmより薄いことが示唆された。湛水発生時の最大の体積含水率は、毛管飽和状態に対して小さい値を示した。このことから表層が不飽和な状態でも湛生が生じていることが明らかとなった。

(4) 表面流去の広域的なリスク評価手法の検討

裸地面積の月ごとの周期的な変遷を明らかにすることができ、月ごとに土壤流亡が起こりうる降雨強度を求めることができた。また傾斜の情報と重ね合わせることにより、1時間単位の降雨、10 mの空間解像度で土壤流亡が起こりやすい箇所および時期を特定することができた。このことを考慮して作付けを行うことにより、土壤流亡リスクの低減に寄与できると考えられる。

引用文献：

- 早野美智子・岸井徳雄・葛葉泰久 (2001): 農学的視点による無降水期間の評価. 水工学論文集, 45: 199-204.
- 伊藤博武・吉岡千夜・柴田敏光・佐藤文洋・吉田穂積 (2014): 清里町江南地区における根系分布と土壤窒素動態からみた秋播きコムギの低収要因. 根の研究, 23 (4), 91-98.
- 気象庁 (2005): 地球温暖化予測情報, 第6巻, 東京.
- 中津智史・東田修司・沢崎明弘 (2004): 耕盤層の簡易判定法と広幅型心土破碎による対策. 日本土壤肥料学雑誌, 75 (2), 265-268.
- 杉山一郎・佐渡公明 (2006): 北海道内 22 気象官署における降水量の非定常頻度解析. 水工学論文集, 50: 187-192.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 鈴木伸治, 佐伯ともみ, 伊藤博武, 渡邊文雄	4. 巻 142
2. 論文標題 凍結をともなうオホーツク網走地域の農地における土壌水分の季節変動の特徴	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土壌の物理性	6. 最初と最後の頁 5-11.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shinji SUZUKI, Yukimitsu KOBAYASHI, Fumio WATANABE, Daichi NAKAGAWA, Taisuke IZUMIKAWA	4. 巻 28 (S)
2. 論文標題 Comparison of root distribution pattern between Gramineae and Legume species under various soil and climate condition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Arid Land Studies	6. 最初と最後の頁 189-192.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.14976/jals.28.S_189	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shinji SUZUKI, Keiko IIDUKA, Atsushi SANADA, Hirotake ITO, and Fumio WATANABE	4. 巻 29 (3)
2. 論文標題 Effects of thermal conductivity and diffusivity of a volcanic ash soil in central Ethiopian Rift Valley on soil temperatures.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Arid Land Studies	6. 最初と最後の頁 91-101.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.14976/jals.29.3_91	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 鈴木伸治, 芥川力也, 青木将人, 渡邊文雄
2. 発表標題 我が国の黒ボク土畑を対象とした土壌の極端な乾湿の長期変動傾向の検討
3. 学会等名 日本沙漠学会第29回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木伸治, 青木将人, 渡邊文雄
2. 発表標題 湛水の直接観測手法の開発と湛水を生じさせる降雨の長期変動傾向の検討
3. 学会等名 2018年度土壤物理学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinji SUZUKI, Masato AOKI, Eri MITANI, Ryota SUZUKI and Fumio WATANABE
2. 発表標題 Study on long term trends of intense rainfall in Tokyo, Japan which causes water ponding.
3. 学会等名 3rd Agriculture and Climate Change (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinji SUZUKI, Yukimitsu KOBAYASHI, Fumio WATANABE, Daichi NAKAGAWA, and Taisuke IZUMIKAWA
2. 発表標題 Comparison of Root Distribution Pattern between Gramineae and Legume Species under Various Soil and Climate Condition
3. 学会等名 The 13th International Conference on Desert Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木綾太, 鈴木伸治, 渡邊文雄
2. 発表標題 湛水発生メカニズムの検討と作物根が及ぼす影響に関する研究.
3. 学会等名 日本沙漠学会第30回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木伸治
2. 発表標題 近年の降水パターンの変化が農地に及ぼす影響 - 速報 -
3. 学会等名 日本熱帯農業学会第126回講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田幸，鈴木伸治，渡邊文雄，伊藤博武
2. 発表標題 裸地における表面流去のリスク評価に関する時空間解像度の向上
3. 学会等名 2020年度（第69回）農業農村工学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	渡邊 文雄 (WATANABE Fumio) (20256647)	東京農業大学・地域環境科学部・教授 (32658)	
研究分担者	岡澤 宏 (OKAZAWA Hiromu) (30385504)	東京農業大学・地域環境科学部・教授 (32658)	
研究分担者	伊藤 博武 (ITO Hirotake) (50307683)	東京農業大学・生物産業学部・教授 (32658)	