

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05837

研究課題名（和文）土壌雨量指数を用いた里地里山における土地利用形態別の土壌の保水性・排水性評価

研究課題名（英文）Evaluation of Soil Water Retention and Drainage Properties by Land Use Type in Satochi - Satoyama Areas Using the Soil Water Index

研究代表者

江波戸 宗大（EBATO, MUNEHIRO）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境研究部門・上級研究員

研究者番号：00391376

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、里地里山の土地利用形態が異なる土壌について、雨水の排水・保水機能を土壌雨量指数と関連づけて解明することを目的としており、3段タンクモデルを用いた土壌雨量指数の解析を行い、雑木林・水田・放牧地に降り注ぐ雨の量と質を経時的に把握し、調査圃場内に二次元的に配置した土壌水分センサから深さ20cm、40cmの土壌水分の推移を面的に把握した。正規化した運動エネルギーと雨量の比をヒストグラムにすると、降雨のインパクトを定量的に評価できた。格子状に埋設した土壌水分センサで水平方向の土壌水分を常時モニタリングすると、貫入抵抗値が低い地点では体積含水率の上昇が速い傾向であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の気候変動の影響により短時間に多量の降雨が頻発し、毎年のように日本のどこかで水害や土砂崩れ等の大きな被害が発生するようになってきた。本研究では、降雨の量だけでなく質について定量的に評価できる手法を開発した。また、雨が土壌中にどのように浸透していくかについて水平方向で検討し、土壌硬度が低い、すなわち、土壌の密度が低い地点で雨の浸透量が大きくなることを実証した。このことにより、里地里山における様々な土地利用形態ごとに降雨の影響が大きい地点の特定ができるようになった。また、この研究を通じて環境情報モニタリングシステムを開発・実装し、特許出願したことで、直ちに技術普及を推進できる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to elucidate the drainage and water retention functions of soils with different land-use patterns in Satochi - Satoyama landscapes (traditional Japanese rural areas and their surrounding natural environments) by associating these functions with the Soil Water Index (SWI). Specifically, (1) we analyzed the SWI using a three-tank model, (2) we monitored the quantity and quality of rainfall over time in forests, paddy fields, and pasturelands, and (3) we spatially captured the changes in soil moisture at depths of 20 cm and 40 cm using soil moisture sensors arranged in a two-dimensional pattern within the survey fields. By a histogram of the ratio of normalized kinetic energy to normalized precipitation, we were able to quantitatively evaluate the impact of rainfall. Continuous monitoring of horizontal soil moisture using soil moisture sensors embedded in a grid pattern revealed that points with low penetration resistance showed a rapid increase in volumetric water content.

研究分野：地域環境工学

キーワード：土壌物理 土壌水分 降雨パターン 里地里山 土壌雨量指数 土壌硬度 森林 水田

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、気象の極端化により、短時間強雨の年間発生回数は増加し、毎年のように国内で水害が発生している。里地里山では、短時間強雨による崖崩れで人的被害も多発しており、雨の土壌中への浸透を定量的に評価することは災害対策として急務である。研究代表者が開発した土壌物理性簡易診断により、水を用いなくても圃場内部の微地形から排水・保水性を推定可能になった。一方で、圃場の排水性(アウトプット)は推定できても、実際の降雨(インプット)との対応がなかったため、土地利用形態が異なる調査地での雨の量と質(雨滴粒径分布、降雨強度等)を正確に把握して、地目別(雑木林・水田・牧草地)に保水性・排水性を明らかにする。

2. 研究の目的

本研究の目的は、里地里山の土地利用形態が異なる土壌について、雨水の排水・保水機能を土壌雨量指数と関連づけて解明することである。

3. 研究の方法

(1) 調査圃場

茨城県常総市の林地に隣接する放牧地(65 a)について、土壌物理性簡易診断方法(Ebato 2020)で貫入抵抗調査(58 地点)を行い、深さ 60 cm までの土壌硬度三次元分布図を作成した(図 1; 深さ 8 cm だけ抜粋)。土壌水分センサ(Meter 社 10HS)を深さ 20, 40 cm で 17 地点(図 1●)に埋設し、体積含水率の経時変化を測定した。レーザー雨滴計は図 1 A に設置し、降雨イベントごとにレーザービームの受光幅を通過する雨滴全ての粒径と速度を測定した(Nanko et al. 2006)。

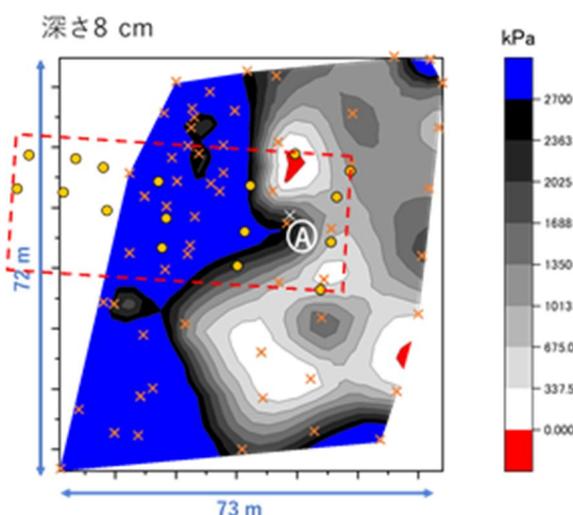


図 1 茨城県常総市の調査圃場(放牧地; 65 a)の深さ 8 cm における土壌硬度水平分布図
貫入抵抗調査 58 地点(x), 土壌水分センサ(10HS)埋設 17 地点(●), レーザー雨滴計設置地点(A), 赤点線範囲 体積含水率測定マップ

(2) レーザー雨滴計測定データの解析方法

雨滴全ての粒径と速度から 5 分あたりの雨量と運動エネルギーを算出し、降雨イベントごとに正規化して雨量と運動エネルギーを比較した。今回は(a) 2023/5/22 17:05 ~ 5/23 21:10 (28 時間 5 分)と(b) 2023/6/2 00:00 ~ 6/3 10:10 (34 時間 10 分)について解析した。

4. 研究成果

(1) 降雨イベントの解析

総雨量について、(a)は 36.1 mm, (b)は 203.2 mm であった(図 2, 3)。土壌雨量指数は 3 段のタンクモデルにより算出され、最大値は(a)で 19, (b)で 55 であった。雨滴が全て同じ大きさで速度が同じであれば、雨量(量)と運動エネルギー(質)の分布は等しくなるため、雨量と運動エネルギーを正規化して比を取ることで質の評価を試みた(図 4)。 (b)が(a)よりも 0.6 以上の分布が多く、2023/06/02 16:00 以降の土壌雨量指数の急激な増大に寄与したと考えられた。

(2) 土壌水分の経時変化

格子状に 17 地点で埋設した土壌水分センサについて、水平方向の土壌水分(体積含水率)を常時モニタリングできるようにした。

深さ 20cm における体積含水率について雨の降り始めからの経時変化を見ると(図 4, 5), 貫入抵抗値が低い場所では(a)と(b)で共に体積含水率の上昇が速い傾向にあることが判明した。貫入抵抗値が低い場所では雨が浸透できる空間が多いためと考えられた。

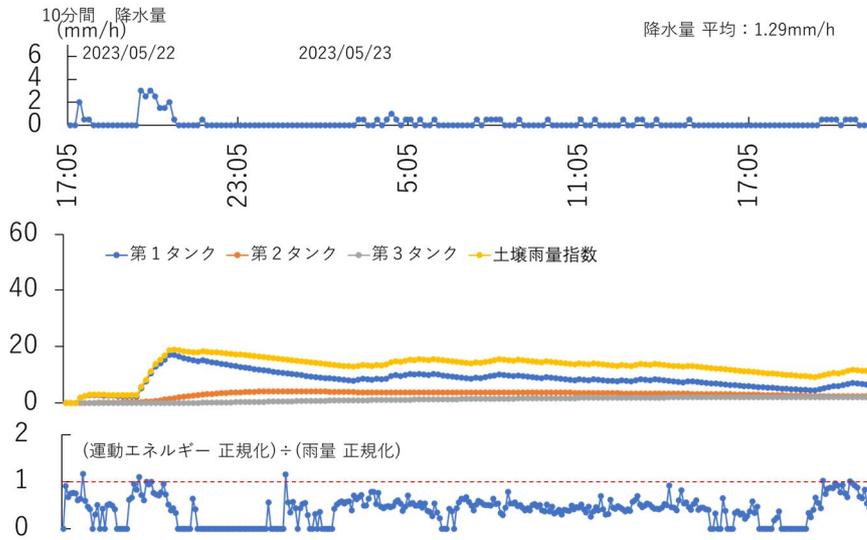


図2 (a) 2023/5/22 17:05 ~ 5/23 21:10 (28時間5分)における10分間降水量, 土壌雨量指数, 正規化後の雨量に対する運動エネルギーの比についての経時変化

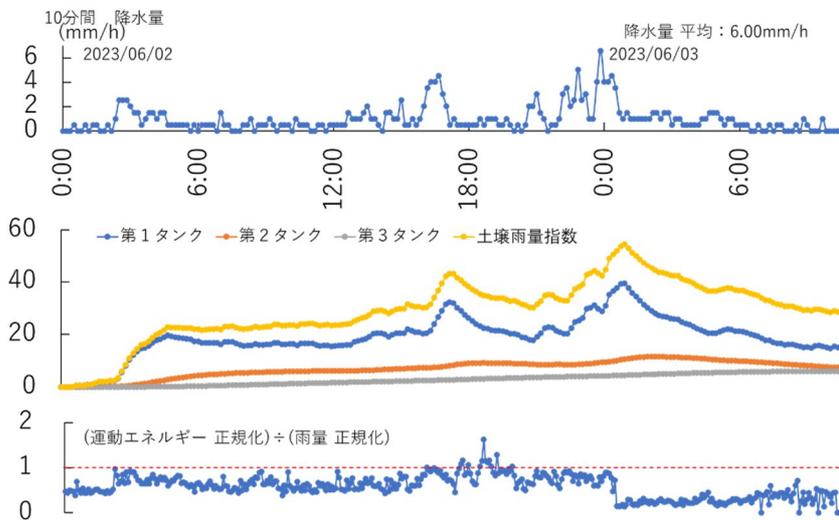


図3 (b) 2023/6/2 00:00 ~ 6/3 10:10 (34時間10分)における10分間降水量, 土壌雨量指数, 正規化後の雨量に対する運動エネルギーの比についての経時変化

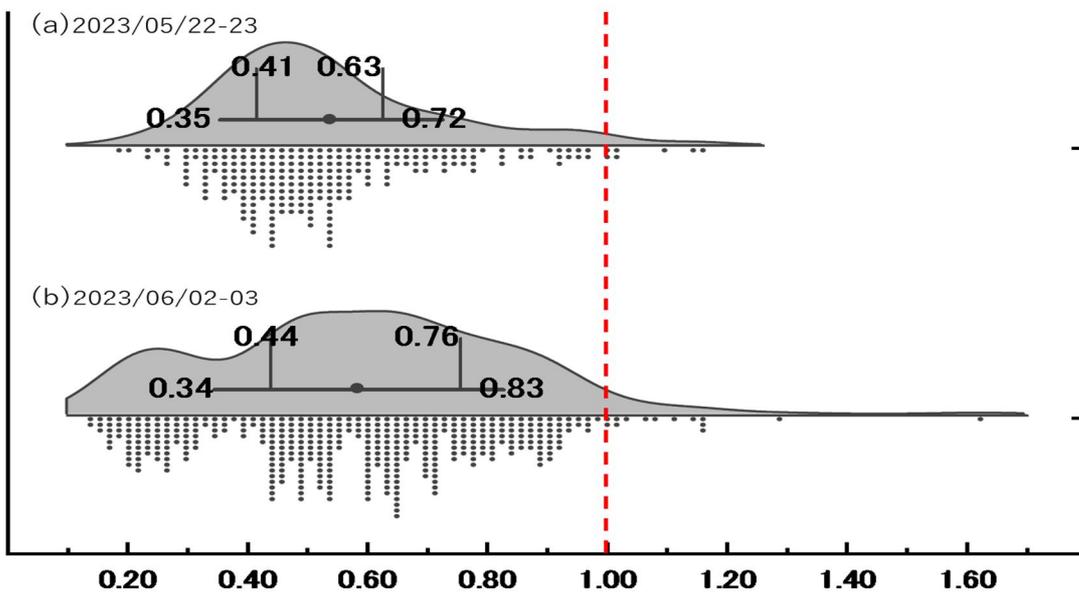


図4 (a) 2023/5/22 17:05 ~ 5/23 21:10 (28時間5分) と(b) 2023/6/2 00:00 ~ 6/3 10:10 (34時間10分)について正規化後の雨量に対する運動エネルギーの比をヒストグラムにして比較

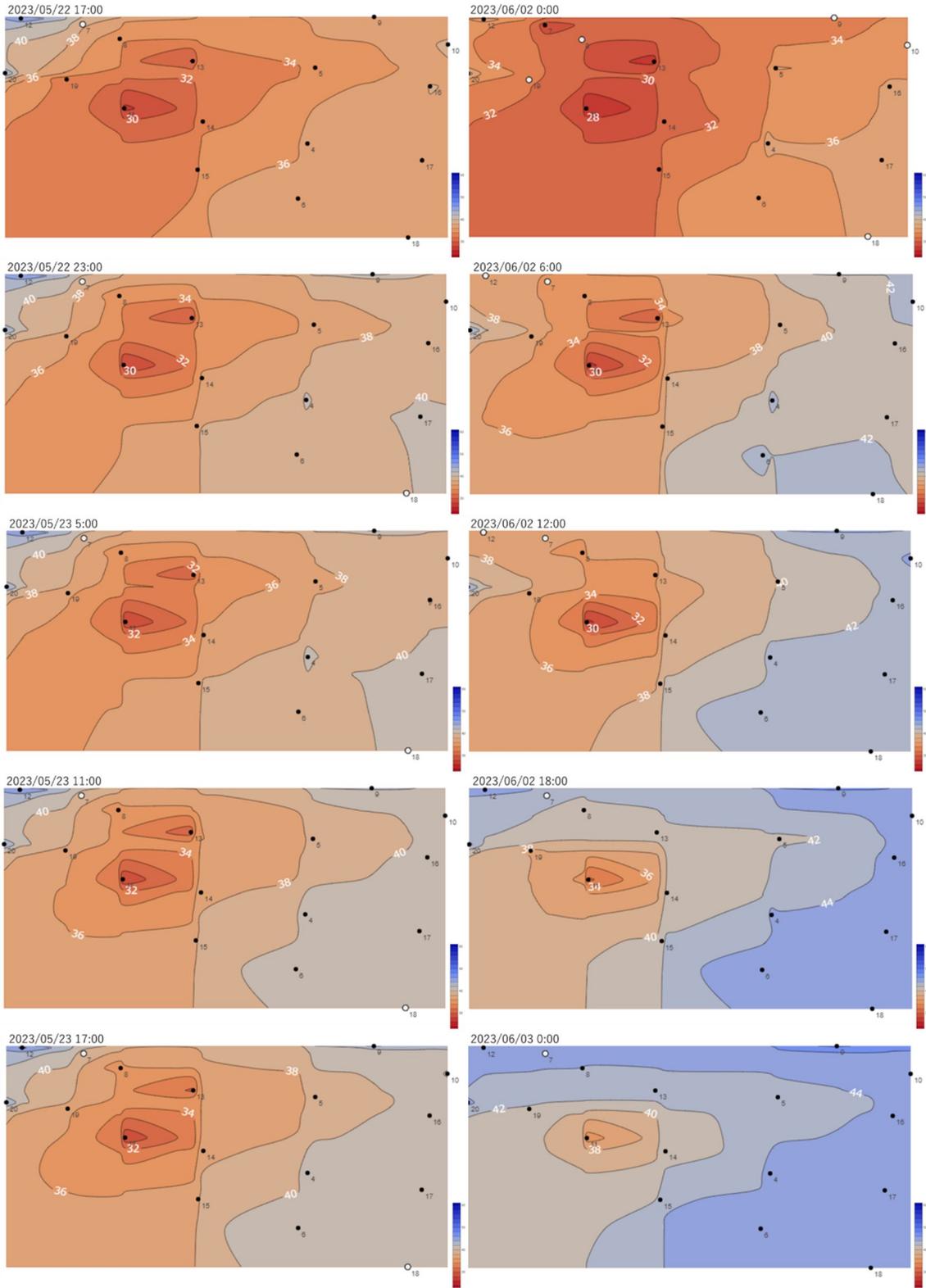


図 4 (a) 2023/5/22 17:05 ~ 5/23 21:10 (28 時間 5 分)における深さ 20cm の土壌水分 (体積含水率) について水平方向の経時変化 (降り始めから 6 時間ごと)

図 5 (b) 2023/6/2 00:00 ~ 6/3 10:10 (34 時間 10 分)における深さ 20cm の土壌水分 (体積含水率) について水平方向の経時変化 (降り始めから 6 時間ごと)

参考文献等

- Ebato M. (2020) *Agricultural Information Research* 29(1): 24-39.
 Nanko K. et al. (2006) *Journal of Hydrology* 329: 422-431.

(3) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

近年の気候変動の影響により短時間に多量の降雨が頻発し、毎年のように日本のどこかで水害や土砂崩れ等の大きな被害が発生するようになってきた。本研究では、降雨の量だけでなく質について定量的に評価できる手法を開発した。また、雨が土壌中にどのように浸透していくかについて水平方向で検討し、土壌硬度が低い、すなわち、土壌の密度が低い地点で雨の浸透量が大きくなることを実証した。このことにより、里地里山における様々な土地利用形態ごとに降雨の影響が大きい地点の特定ができるようになった。

また、この研究を通じて環境情報モニタリングシステムを開発・実装し、特許出願したことで、直ちに技術普及を推進できる。

デバイス 小型マイコンによる制御、無線送信でケーブルレス、防水ケースを3Dプリンタ等で製作

蓋は少しひねるだけで簡単に着脱可能

上下方向の遊びにより、内部に湿気が溜まりにくい空間を形成

単管パイプや塩ビ管にぴったりはまる形状

ケース内の一例

配線はケースの底部から

センサ接続端子

ロガー

電源

設置例

※特願2023-85800 「計測デバイス」

システム 多彩なデータを無線通信で一元集約、データをウェブブラウザやアプリで表示、数時間後のデータの予測も行う

クラウド

閲覧

リアルタイムデータや近未来予測の可視化

中継機

ゲートウェイ

中継機

計測送信デバイス

森林

牧草地・畑地

水田

土壌水分、地温、...、降水量、気温、日射、...、水温、水位、...

土壌水分、土壌pH、...、降水量、気温、湿度、...

土壌pH、酸化還元電位、...、日射、気温、...、水温、水位、...

データの表示例

実測値 (℃) : 気温 (50%)

実測値 (mm) : 降水量 (50%)

実測値 (%) : 土壌湿度 (200%)

※特願2023-85802 「情報提供システム、情報提供方法、およびプログラム」

図 6 本研究で開発した環境モニタリングシステムのデバイス部分とシステム部分の概要

(4) 今後の展望など

降雨の量だけでなく質も評価する技術を用いて、様々な地域における降雨状況を再評価し、土壌への雨水の浸透の影響を解明する。また、環境モニタリングシステムを用いて、水平方向の自然環境の変化や分布を今後の研究に役立てるとともに、様々な地域に展開し、今後、急激に変化していくと想定される気候変動の影響を常時モニタリングして、自然災害の防止や被害の最小化に供試できるようなデータを蓄積して社会に貢献したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 江波戸宗大, 南光一樹
2. 発表標題 降雨イベントにおける土壌水分変化の空間的・経時的 解析
3. 学会等名 土壌物理学学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 貫入抵抗を軸に圃場空間内バリエーションを可視化する
2. 発表標題 江波戸宗大
3. 学会等名 日本ペドロ ジー学会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 南光一樹, 江波戸宗大
2. 発表標題 森林デジタルツイン構築に資する環境データのIoTモ ニタリングシステム
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 江波戸宗大, 南光一樹
2. 発表標題 降雨イベントにおける土壌硬度分布の影響を考慮した土壌水分変化の解析
3. 学会等名 2022年度土壌物理学学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuki Nanko, Richard Keim, Sean Hudson, Munehiro Ebato, and Delphis Levia
2. 発表標題 Rainwater canopy flowpath estimated by raindrop measurements
3. 学会等名 EGU General Assembly 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 計測デバイス	発明者 南光一樹, 江波戸宗大	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-85800	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 情報提供システム、情報提供方法、およびプログラム	発明者 南光一樹, 江波戸宗大	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-85802	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	南光 一樹 (NANKO KAZUKI) (40588951)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------