

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580381

研究課題名(和文)映像観測解析技術による傾斜農耕地からの土壌および環境汚染物質流去動態の解明

研究課題名(英文)Automated time-lapse image capturing for monitoring runoff from sloping farmland

研究代表者

芝山 道郎 (Shibayama, Michio)

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号：10354060

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：近年の集中豪雨の頻発により、傾斜地の露地野菜畑等における土壌粒子・栄養塩、有害重金属等を含んだ表面流出の発生頻度とその強度が増大する傾向にある。表面流出は突発現象であり、現場で発生状況を直接観察できないことが多い。そこで、表面流出や土壌侵食の発生状況を自動的にコマ撮りおよび動画撮影する装置を開発し、従来型の流量計および自動採水器とともに屋外の黒ボク土傾斜枠圃場に設置した。複数作期の観測実験の結果、汎用の降雨-表面流出発生モデルを黒ボク土に適合するよう改良し、亜鉛の流出動態を明らかにするとともに、画像解析による流出量および流出速度の非接触計測の可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：The increased incidence of intense rainfall events in recent years has prompted concern about the increased environmental loading due to elevated levels of suspended solids (SS), nutrient salts and heavy-metals such as Zn in surface runoffs from sloping farmlands. We devised an automated system that recorded color images of the field surface during rainfalls, measured the runoff volume and collected samples of runoff water for subsequent chemical analyses. Using observed data, we modified an empirical model describing dynamics of rainfall-induced runoff volume for Andosols. Chemical analyses showed that a large portion of Zn was strongly absorbed to SS. The time-lapse images provided volumes of accumulated muddy water appearing at the bottom of sloping plot during runoff, and that were correlated to the measured volumes of runoff water. We also showed that the moving picture captured the flow velocity of the surface runoff. Thus images may be usable for instant runoff estimation.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：傾斜農耕地 流出 画像解析

1. 研究開始当初の背景

- (1) わが国は、農耕地のおよそ 41% が斜度 8° を越える傾斜地に分布する上に、年間平均降水量が 1500mm に達する多雨地である。さらに近年の露地野菜の団地化と単作化の傾向が重なり、農耕地の土壌侵食とそれに伴うリンなどのいわゆる栄養塩類の流出が、河川の汚濁や湖沼などの閉鎖系水域の富栄養化の大きな原因の一つになっている。流出量には、土地利用、営農管理といった農業活動に関わる要素と、地形、土壌の性質、降雨形態(一定の期間内の総降水量・降雨量の時間的推移・単位時間当たり最大降雨量)などが総合的にかかわっている。
- (2) 降雨の前歴と土壌水分値の関係を考慮した既存の計算モデルによる流出量の推定値がしばしば実測値に適合しない場合があり、その一因として、モデルの前提となる流出量実測値の精度の低さが指摘されている。
- (3) 現場では、急激に変動する流量の瞬間的な観測値が得られず、また流出に伴うゴミや作物残渣による観測機器の機能不全が生じやすく、異常値の除去などのデータの精査や分析・考察が不十分になりやすい。その結果、多くの実地計測が求められているにも関わらず、信頼するに足るデータの取得が迅速に進まない現状がある。

2. 研究の目的

- (1) 傾斜農耕地からの環境負荷実態予測モデルを改良するため、従来の直接サンプリング法に加えてデジタル画像の自動撮影と最新の画像処理技術を組み合わせ、迅速・低コストの表面流出量および土壌由来懸濁物濃度等の水質の新たな近接自動無人計測手法を開発する。
- (2) 生産現場における流出量と有害重金属負荷量との関係をサンプル分析により明らかにするため、流出水と土壌由来懸濁物質の量的把握と同時に重金属などの化学的定量分析を合わせて実施し、総合的かつ環境監視上有効な知見と予測モデルを得る。

3. 研究の方法

- (1) 流出実態を常時モニタするため、降雨センサと連動するコマ撮り撮影装置を開発した(図1)。



図1 コマ撮り撮影装置(カメラ照明)

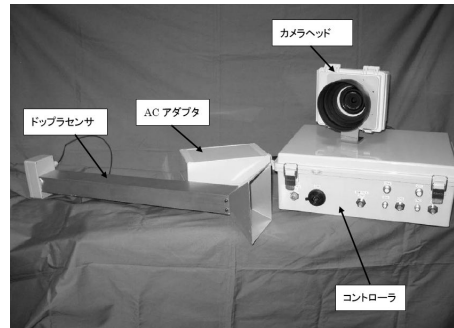


図2 動画観測システム(学会)

- (2) 流出発生の瞬間を効率的に捕捉するため、流出検出用ドップラセンサを装備した動画撮影観測システムを開発した(図2)。
- (3) コマ撮り撮影装置は茨城県つくば市の黒ボク土人工傾斜畑施設に設置し、3年間6作期を通じて豪雨時の表面流出の様態を撮影するとともに降雨量および実流出量を計測した。降雨は10分間隔で測定、降雨による表面流出量は、貯留マス内の水位の連続観測(5分間隔)により行った。表面流出水は、自動採水器(ISCO製)を用いて採水した。土壌水分はTDR土壌水分計を用いて観測した。動画撮影観測システムは2014年7月以降、上記施設に試験設置した。
- (4) 撮影したコマ撮り静止画および流出動画から、流量や流速などの定量的な情報を取得する方法を検討した。
- (5) 実測データを用い、黒ボク土における降雨-流出現象を表現する数値モデルを改良した。
- (6) 流出水中懸濁物サンプルの全量および懸濁物(SS)中の粒径別T-Zn濃度、一部の試料については形態別Zn濃度の分析を行った。

4. 研究成果

- (1) コマ撮り画像から大量流出時の瞬時表面水(貯留水面域)の画素数を目視判別で計測し、その増減と10分ごとの積算降雨量および流出量との間に密接な関連性を見出した(図3)。
- (2) さらにコマ撮り画像から流出時貯留水面域の実面積および水深を推定計測し、それらから貯留水量を時系列的に算出し、実測流出量とつきあわせたところ、両者間の推

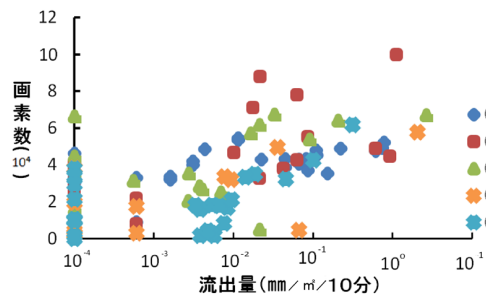


図3 流出量と貯留水面域画素数(学会)

移パターンの合致程度が改善された。また両者間の相関関係がより密接となり、画像による流出量推定の可能性が強く示唆された(詳細データは発表準備中)。

(3)流出速度を推定するため、流出時の動画に映り込んだ水面上の浮遊物を利用した粒子画像速度計測法(PIV)適用の可能性を検討した。まず室内実験により、PIV法を本目的に適用するための各種パラメータを探索した。次に人工傾斜畑施設で撮影された約10分間の動画からPIV法により流出速度を計測した。これを検証する目的で、流出速度と実測流出量および流幅から流出時の平均水深を算出した。一方、粗度係数(文献値)・斜面傾度と実測流出量から別法(マニング式)で水深を推定したところ、両者は比較的良好に一致していた。ただし実証例はまだわずかであり、今後さらに多くの条件での観測・検証を継続する必要がある。

(4)黒ボク土傾斜畑における降雨-表面流出の実測を行い、表面流出率が降雨前、降雨中の土壌水分量により変動する現象を観測した。また降雨-流出現象を表現する汎用の数値モデルを黒ボク土における実測値に対して改良し、検証を行った。このモデルを用いることにより、流域動態モデル中のモジュール(LEACHM)の高強度降雨時での計算安定性を確保するための、降雨侵入水量調節手法を開発した。今後、降雨-流出モデルの時間分解能の向上に加え、降雨流出を抑制する植被などの影響を考慮した改良を行う必要がある。

(5)土壌および流出水中懸濁物のサンプル分析により、圃場から流出する亜鉛等重金属の物理的・化学的特性を明らかにした。土壌中のT-Zn濃度は豚ふん堆肥施用により増加し、同時に交換態(0.05M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 抽出)や酸可溶性(0.11M酢酸抽出;約pH3)画分などの環境変化に脆弱な形態が増加した。表面水として流出する亜鉛のうち、溶存態は0.1-0.8%にすぎず、殆どが懸濁態で流出していた。懸濁態亜鉛の多くは、20 μm 以下(シルト・粘土)の微粒子態であり、発生流域内では沈降せず、遠方へ輸送されやすいサイズであることが分かった。沈降した静水域においてはイオン強度や酸性化などの環境変化により再可溶し、底生生物等に生態影響を与える可能性が示唆された。

(6)課題として、画像等による流出量推定と流出モデルおよび懸濁物質濃度予測手法の統合化が残されている。解決のためには直接サンプリングによらない懸濁度の計測・評価法の開発が必要と考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2件)

芝山道郎,坂西研二,中村 乾, 2012, 傾斜畑の土壌および栄養塩流出過程観測支援のための自動撮影装置 - 装置の概要と野菜畑

における観測事例, システム農学, 28, 97-106, 査読有.

坂西研二, 芝山道郎, 中村乾, 綽宏二郎, 板橋直, 阿部薫, 木村昭彦, 2015, 農地流出水のイベントベース画像キャプチャリングの試み, 農業農村工学会誌, 83, 101-104, 査読有.

[学会発表](計 6件)

阿部薫, 坂西研二, 板橋直, 糟谷真宏, 豚ふん堆肥連用傾斜圃場における亜鉛の土壌蓄積と化学形態及び表面流出, 日本土壌肥料学会, 2012.9.4-6, 鳥取大学.(鳥取県鳥取市)

板橋直, 阿部薫, 糟谷真宏, 鈴木良地, 和木美代子, 鈴木一好, 坂西研二, 村上哲生, 農業・農村域を対象とした亜鉛負荷流出実態と水生生物に対する生態リスク評価, 日本土壌肥料学会, 2012.9.4-6, 鳥取大学.(鳥取県鳥取市)

坂西研二, 芝山道郎, 矢口直輝, レタス畑からの表面流出および流出土壌に関する映像と観測, 2013年度土壌物理学大会講演要旨集, 79-80, 2013.10.26, 福島大学.(福島県福島市)

坂西研二, 清水登子, 芝山道郎, 綽宏二郎, 板橋直, 阿部薫, 自動撮影による傾斜畑表面流出量の推定, 農業農村工学会, 2014.8.26-29, 新潟コンベンションセンター朱鷺メッセ.(新潟県新潟市)

綽宏二郎, 瀬戸口耕平, 板橋直, 坂西研二, 阿部薫, 木村昭彦, 神田英司, 芝山道郎, 傾斜畑における降雨に伴う表面流出の画像計測法~流出動画自動撮影装置の試作~, システム農学会, 2014.10.17-18, 京都大学.(京都府京都市)

阿部薫, 駒田充生, 大熊哲仁, 浄化槽処理水が流入する表面流人口湿地のP、Zn 浄化と蓄積形態, 第48回日本水環境学会年会2014講演集, 326, 2014.3.17-19, 東北大学.(宮城県仙台市)

[図書](計 1件)

坂西研二, 2013, コラム 農業と環境、農地を知る - 農地土壌の物理性 - (井上久義, 佐藤泰一郎, 成岡市監修), 131-133, 農地土壌の物理性編集委員会, 三重大学大学院生物資源学研究所.

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

[その他]

ホームページ等

傾斜畑の表面流出を見る

<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/movie.html>

撮影ロボットによる傾斜畑表面流の観測

<http://rdc.kagoshima-u.ac.jp/rdc/search/upload/shibayama-agr.pdf>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

芝山 道郎 (SHIBAYAMA MICHIO)
国立大学法人鹿児島大学・農学部・教授
研究者番号：10354060

(2) 研究分担者

阿部 薫 (ABE KAORU)
独立行政法人農業環境技術研究所・物質循環研究領域・領域長
研究者番号：70355551

板橋 直 (ITAHASHI SUNAO)
独立行政法人農業環境技術研究所・物質循環研究領域・主任研究員
研究者番号：80354009

(3) 連携研究者

坂西 研二 (BANZAI KENJI)
独立行政法人農業環境技術研究所・物質循環研究領域・専門員
研究者番号：90370296