

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 Sanjit Kumar Deb

傾斜地における畑作は、機械走行の累積効果により耕盤層が形成され、しばしば雨水浸透を阻害したり、作物根の伸張に支障をもたらしたりする。特に、耕盤層を有する斜面における浸透阻害は、雨水の地表面流去水の発生を促し、土壤侵食の引き金になることが少なくない。然るに、従来の土壤水分移動と地表面流去水との関連を扱った研究は、水文学分野の流出解析などマクロスコピックのものが多く、地表面近傍に人為的に形成された耕盤層の影響については、ほとんど研究例が見当たらない。

本研究の目的は、傾斜畑作地帯の耕盤層の実態を反映した室内実験と数値シミュレーションにより、耕盤を有する斜面における土壤水分移動メカニズムを明らかにすること、および、地表面近傍に形成される水分飽和層と復帰流発生に関する知見を土壤侵食の予測と防止に適用すること、とした。

本論文は 8 章で構成されている。第 1 章は序論であり、研究の背景として傾斜畑作地帯に生じる地表面流去水とそれに伴う土壤面侵食の問題があることを述べた。

第 2 章は、既往の研究レビューである。ここでは、傾斜地における水文流出現象のモデリングや実験的研究に多数の事例が存在すること、しかしながら、復帰流 (Return Flow) に関する知見は必ずしも多くないこと、傾斜畑地に形成される耕盤が雨水浸透と地表流去に及ぼす影響の研究は、ほとんど行われていないことを述べた。

第 3 章は、調査地として選んだ群馬県嬭恋村のキャベツ畑地帯における土壤特性の調査結果を述べ、この地帯は全体が傾斜地畑であること、降雨期や凍結土壤融解期において、地表面流去水が増加し、土壤侵食の発生が顕著になること、深さ約 20cm の位置に機械走行に起因する耕盤層が形成されていて、この層の飽和透水係数が著しく低く、浸透阻害を起こしている可能性が高いこと、などを指摘した。

第 4 章は、耕盤を有する斜面における復帰流発生位置 (Return Flow Generation Point, RFGP) 概念を提起し、その定義を明確にし、この理論に基づく復帰流発生位置 (RFGP) 予測法を述べた。

第 5 章は、耕盤を有する斜面を再現するモデル土槽を用いた実験について述べた。モデル土槽サイズは長さ 100cm、深さ 22cm、奥行き 5cm とし、表層土厚さを 15cm、耕盤土層厚を 7cm とし、群馬県嬭恋村のキャベツ畑黒ボク土壤を充填した。モデル土槽の勾配は、8 度、12 度、16 度、20 度の 4 種類、人工降雨強度は 50, 80, 100, 125, 150 mm/h の 5 種類とし、表土厚さを変えた実験も含めて 24 種類の条件を設定して反復実験を行った。土槽側壁面からは等間隔に 15 点のマトリックポテンシャル測定センサーを埋め込み、その測定値から、ジオスタティスティックス (地理的統計学) で用いられ

るクリッジング手法によって則壁面全体のマトリックポテンシャル分布を推定した。なお、実験に供試した土壌の保水性、透水性は、別途測定した。この実験から、降雨浸透水がモデル斜面の地表に復帰する現象（復帰流発生）が確かめられ、その発生位置 (RFGP) を測定することができ、更に、RFGP と土壤侵食発生位置との一致現象についても確かめることができた。

第 6 章は、第 5 章で行われた実験と同一の初期条件、境界条件のもとで、2 次元の非定常水分移動数値計算を行った。プログラムとしては、現在急速に世界中に普及中の有限要素法プログラム、HYDRUD-2D を適用したが、このプログラムは 2 次元斜面の非定常流解析用には完成していないため、HYDRUS-2D の開発者である Simunek 博士と共同でプログラム改良を行い、利用可能なプログラム開発を行った。24 種の実験に対応する 24 種の数値計算を行った結果、本研究で初めて提起された RFGP 概念の妥当性が確認され、さらに RFGP と土壤侵食発生メカニズムとの関連性が明確にされた。数値計算では、実験的に実現が困難である長大斜面の RFGP についても検討し、フィールドスケールでの RFGP と土壤侵食との関連性について予測することができた。

第 7 章では、RFGP 概念が、理論的にも、実験的にも、数値計算においても妥当であることが検証されたことを再確認し、この新しい概念がフィールドの問題により多く適用されることの重要性を主張すると共に、フィールドスケールでの理論の妥当性の検証が必要であることも示唆し、第 8 章においてこれらの結論をまとめた。

以上要するに、本論文は理論、室内実験、数値解析を通じて、斜面畑に一度浸透した降雨が地表面に戻る復帰流について、その発生位置を予測する概念である、復帰流発生位置 (Return Flow Generation Point, RFGP) 概念を提唱し、その妥当性を実証すると共に、この概念が土壤侵食発生位置の予測に直結することの重要性も証明したものであり、学術応用上寄与するところが大きい。よって、審査委員一同は本論文が博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認めた。