

(様式第3号)

論文要旨

論文題目

水滴衝突による土壌侵食に関する基礎的研究

裸地に植栽を施すことは、土壌の侵食対策として良く知られた手法であり、土壌に対する雨滴衝撃を植栽が和らげることが、その効果の一つと言われる。しかし、土壌に対する雨滴衝撃に関する研究は少なく、水滴衝突による土壌の侵食メカニズムは未解決の問題の一つである。本論では、より効果的な侵食対策の一助となることを目的とし、沖縄県の代表的な土壌を用いて、降雨による土壌侵食メカニズムを明らかにするものである。実験および数値解析の結果から、得られた知見を概略すると以下のようである。

水滴が剛体に衝突すると衝突速度以上の速さで剛体表面に広がる。同様に、土壌表面に水滴が衝突した場合にも、かなり速い流れが生じるが、不飽和土壌に衝突した場合には、土壌内部の空隙に水滴の一部が浸透する事から、空隙の大きい土壌では、水滴による侵食は小さくなる。

沖縄県における代表的な土壌で、赤土と呼ばれる国頭マージは、同県内におけるその他の土壌に比較して水滴が浸透しにくいために、降雨による侵食を受けやすい。

体積弾性を用いた圧縮性流体解析により、水撃などの衝撃的な流体運動を再現でき、水滴衝突のシミュレーションが可能である。数値解析結果から、水滴の衝突箇所では、流れはそれほど速くないものの、衝突により高圧が生じることが明らかとなった。この高圧により土壌内部の間隙水圧が上昇し構造が弱くなり、また、この圧力が土壌表面方向に伝播するために、衝突箇所では、その周辺よりも速やかに侵食が早く進行する。

氏名 牧野敏明

(様式第5-2)

2006年 2月13日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 伊良波 繁雄

副査 氏名 渡久山 章

副査 氏名 吉永 安俊

副査 氏名 仲座 栄三



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学 氏名 牧野 敏明 学籍番号 988604E
指導教官名	伊良波 繁雄
成績評価	学位論文 <u>合格</u> 不合格 最終試験 <u>合格</u> 不合格
論文題目	水滴衝突による土壌侵食に関する基礎的研究
審査要旨（2000字以内）	<p>沖縄県内の多くの地域で、赤土流出による海域汚染が深刻となっている。その対策としてこれまで様々な研究の実施と共に、実用的な対策工法が提案されているものそれらはいまだ研究途上にあり、より経済的かつ効果的な工法の開発が要求されている。</p> <p>土壌侵食対策として、裸地に植栽やマルチングを施すことは、土壌の侵食対策として古くから良く知られた手法であり、土壌に対する雨滴衝撃を和らげることが、土壌侵食に対して有効であることを教えるものである。</p> <p>しかしながら、雨滴衝撃が土壌侵食に及ぼす影響に関する詳細な研究事例は少なく、水滴衝突による土壌侵食メカニズムは未解決の問題の一つとなっている。</p>

このような状況に鑑み、本論文は、沖縄県の代表的な土壌を用い、降雨による土壌侵食メカニズムを実験的および数値解析的に明らかにすることを主目的としている。

本論文の第1章では、従来の研究や赤土問題の社会的背景が述べられている。

第2章では、まず、雨滴衝撃の基本的メカニズムを明らかにするため、雨滴が固体表面や薄層水に衝突する際の水理現象が実験的に調べられている。その中で、雨滴が剛体面に衝突する際には、雨滴はなんらの飛沫も形成せず、剛体面に吸い付くように拡張していくことが明らかにされている。さらに、雨滴が深さ2mmあるいは100mmのプールに衝突する際の飛沫形成や拡張速度が定量的に調べられている。その結果、雨滴による土壌侵食作用には、土壌表面の薄層水の状態が極めて重要な要素となることが明らかにされている。

ついで、沖縄県内の代表的な土壌であり、通称、赤土と呼ばれている国頭マーヅと島尻マーヅを対象に、雨滴による土壌侵食メカニズムが実験的に調べられている。その際、従来の研究で用いられている海砂も比較研究のために用いられている。実験結果は、国頭マーヅと島尻マーヅとに雨滴の侵食作用に大きな違いがあることを示している。主な結論として、島尻マーヅが含水比の増大および締め固め度の増加と共に雨滴に対する耐性を持つのに対し、赤土がそのような特性を有さず、雨滴衝突に対し極めて脆弱な特性を有することが示されている。

第3章では、実験で実測することが困難となる圧縮波や衝撃的流水運動を調べる目的から圧縮流体の数値解析手法の開発が行われている。ここで対象とされているのは雨滴の衝撃作用であることから、圧力項に弾性波の作用を取り入れているところが特徴となっている。数値計算手法の有用性は、ダムブレイク問題や波動問題で検討されている。

第4章では、開発された圧縮性流体解析手法を用い、雨滴衝撃作用の詳細が調べられている。数値計算結果は、他の研究者による実験結果や筆者の実験結果と良い一致を示している。数値計算結果は、実験で測定が困難であった流速分布の詳細を示し、雨滴による土壌侵食で生じるクレーターの特徴をよく説明するものとなっている。

第5章では、本論で述べた主要な結論がまとめられている。

本論文は、雨滴による土壌侵食メカニズムの解明を流体力学的に明らかにしようとする研究の緒であり、かつ数多くの新しい成果を与えている。本研究の知見は、今後、雨滴による土壌侵食に関する研究や土壌侵食対策に寄与することが期待される。

最終試験では、博士論文提出者による博士論文内容についての発表が行われた後、質疑応答が行われ、各質問に対する返答は適切であったと判断される。

以上により、学位論文審査委員一同は、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認め、本論文提出者・牧野敏明は最終試験に合格したものと認める。