

氏 名 ^{ムハマド ムクリスイン} Muhammad Mukhlisin
 学位(専攻分野) 博 士 (農 学)
 学 位 記 番 号 農 博 第 1470 号
 学位授与の日付 平 成 17 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
 研 究 科 ・ 専 攻 農 学 研 究 科 森 林 科 学 専 攻
 学 位 論 文 題 目 Analysis of slope failure initiation and debris flow run-out
 (斜面崩壊の発生と土石流の流出に関する研究)

論文調査委員 (主 査)
 教 授 水 山 高 久 教 授 竹 内 典 之 教 授 谷 誠

論 文 内 容 の 要 旨

土石流の発生には、一般に、急速な侵食によるもの、崩壊から発達するもの、天然ダムの決壊によるものの3種類がある。急速な侵食や崩壊は、豪雨の中で発生する。火山の斜面や溪流で発生する崩壊や土石流は下流域に大きな災害を引き起こしてきた。土石流の発生を時間的、空間的に理解することは、対策計画や警戒避難計画を立てる上で必要である。また、崩壊の発生から土石流の流下、堆積に至る一連の現象をシミュレーションモデルで追跡することは、崩壊予測、土石流危険区域の設定に不可欠である。

本研究の目的は、土石流の発生を経験的な手法で無く、理論的な方法で時間的、空間的に予測すること、土壌の間隙が、降雨の浸透、崩壊発生、土石流流下距離に与える影響を明らかにすることの2点である。

第2章では、流出解析法である特性曲線法と高橋による土石流発生限界の式を組み合わせた指標 K によって、土石流発生の時間と場所を推定する方法を提案した。降雨強度、斜面勾配、流域面積、溪床の幅に対して流量、表面流の水深を求め、指標 K を計算するが、その時間的、空間的変化を分かりやすく表現する新しい図を提案した。この図から土石流の発生する時刻と場所が推定できる。

この方法をインドネシアのボヨン川（メラピ火山）と日本の野尻川（桜島）に適用した結果、いずれも溪床勾配が14度から18度の区間で発生すると推定された。また、野尻川では支川が合流して流域面積が急増する溪床勾配が11度付近の地点からも土石流が発生する可能性が高いことが示された。これは、従来の土石流は流域の最上流部で発生するのではないかという説を否定するものであり、他の火山以外の溪流における土石流発生状況を説明する場合にも理解しやすい結果となった。さらに、この方法による検討結果は、従来説明することができなかった降雨強度の最も大きい時間帯に土石流が発生するという事実とも一致するものである。

第3章では、2次元の飽和不飽和浸透流モデルの有限要素法による計算と斜面安定に関する簡易ビショップ法を組み合わせ、降雨の浸透とそれによる斜面の安定性の変化を追跡した。この方法で、土壌間隙のパラメータ（土壌水分、有効土壌孔隙；ESP）の斜面安定と崩壊土砂中の土壌水分への影響を解析した。初期の湿潤状態、土壌の厚さ、斜面勾配の影響も合わせて分析した。その結果、表土層のESPが大きいと、多くの降雨を保水することができて崩壊は発生しにくくなることが示された。大きなESPの土層は、多くの土壌水を含むので、一旦崩壊すると長距離移動する土石流となって大きな被害を与えると推察された。さらに、解析を通じて、飽和含水量、初期土壌水分の影響も評価された。土層が厚いと崩壊深が大きくなり、土層の重さを大きくして、間隙水圧を上昇させ、崩壊させやすくすることも明らかになった。

第4章では、ESPの影響が土石流の流下距離と広がりにも及ぼす影響を、2次元の数値解析を用いて検討した。初期条件は、第3章での計算結果を用いた。その結果、ESPが大きいと、斜面は大きな水分を有し、速く遠くまで流下し、広く堆積することがわかった。

以上の研究成果は、インドネシアと日本の斜面、火山の溪流のみならず、一般の斜面、溪流にも適用できるものであり、

崩壊と土石流発生予測に適用され、災害防止に寄与できると期待される。

論文審査の結果の要旨

土石流は崩壊土砂が流動化して発生するといわれている。しかし、崩壊した土砂に土石流化するのに十分な水分が含まれているかどうかなど不明な点も多く残されている。本論文は、山地流域での浸透流を含む流出現象、浸透水の影響を含めた斜面の不安定化、崩壊土砂の流動化という一連の現象を、水文学、土質力学、土砂水理学の手法を適用して総合的に解析し、地形や土質、土壌の浸透と保水のパラメータが、どのように斜面崩壊の発生、土石流に流出に影響するかを明らかにしたものである。

評価できる点は以下のとおりである。

1. 流出解析法の1つである特性曲線法と高橋の土石流発生式を組み合わせた指標 K を計算し、土石流発生の時間と場所を推定する方法を開発し、それを分かりやすく表現する図を考案した。
2. この方法をインドネシアと日本の火山溪流に適用した結果、いずれも溪床勾配が14度から18度の区間で発生すると推定された。これは、従来のさらに上流で発生するのではないかという説を否定するものである。
3. さらに、この方法の結果は、従来説明することができなかった降雨強度の最も大きい時間帯に土石流が発生するという事実とも一致するものとなった。
4. 2次元の飽和不飽和浸透流モデルの有限要素法による計算と簡易ビショップ法を組み合わせ、降雨の浸透とそれによる斜面の安定性の変化を追跡した結果、表土層の有効土壌孔隙 (ESP) が大きいと、多くの降雨を保水することができて崩壊は発生しにくくなるが、一旦崩壊すると長距離移動する土石流となって大きな被害を与えると推察された。
5. 飽和含水量、初期土壌水分の崩壊発生に与える影響が評価された。さらに土層が厚さいと崩壊が深くなり、土層の重さを大きくして、間隙水圧を上昇させ、崩壊させやすくすることが明らかになった。
6. ESP の影響が土石流の流下距離と広がり及ぼす影響を、2次元の数値解析を用いて検討し、ESP が大きいと、土石流は大きな水分を有し、遠くまで流下し、広く堆積することがわかった。

以上のように本論文は、土石流の発生を理論的な方法で時間的、空間的に予測し、土壌の孔隙が、降雨の浸透、崩壊発生、土石流流下距離に与える影響を明らかにしたものであり、山地保全学、砂防学、自然災害科学に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成17年1月14日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。