

学 位 論 文 題 名

傾斜農地の災害防止のための降雨流出と
斜面安定に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、図 68、表 66、146 ページからなる和文で、別に 18 編の参考文献が添えられている。

我が国の北海道以外に存在する畑地は傾斜地が多く、しかも 1 区画の面積が狭小である。しかし、この傾斜農地は地域の環境保全や水資源の涵養に重要な役割を果たしている。最近、農作業機械の効率的利用を図るため、この傾斜農地の圃場区画を大きくする傾向にある。狭小な傾斜農地の圃場区画を拡大するためには、大規模な工事を必要とし、そのため降雨による土壌侵食や崩壊などの農地災害防止に留意する必要がある。本論文は傾斜農地の災害防止のため、「傾斜地における降雨流出と災害」および「傾斜地における斜面安定」の研究を行ったものである。

1. 「傾斜地における降雨流出と災害」の研究において、「(1)傾斜小流域における降雨流出の解析と予測モデル」、および「(2)降雨流出災害の解析と予測モデル」の 2 項目の検討を行った。

(1)「傾斜小流域における降雨流出の解析と予測モデル」の研究では、傾斜地における降雨災害を防止するため、四国農業試験場構内において安山岩土壌を主体とする傾斜地 24.5ha を対象に解析を行った。この研究では降雨、植生、地形ならびに土壌要因と流出の関係を調査し、さらに流出量の予測法について検討した。その結果、直接流出量は、総雨量 R 、初期流量 Q_i 、降雨強度 r などを用いた重回帰式で表された。また、直接流出量に及ぼす影響の大きさは、総雨量 $R >$ 初期流量 $Q_i >$ 降雨強度 r の順で、降雨強度の影響は極めて少なかった。流出量を解析した結果は、中間流出量 $>$ 表面流出量 $>$ 基底流出量の順で大きかった。表面流出量は流域の傾斜度に影響を受け、傾斜度が大きい流域が多かった。また、降雨、植生、地形、ならびに土壌要因と流出の関係が把握できるように、前提条件やそれに適合したデータ抽出法を明示した。

さらに、植生、地形、土壌要因ならびに通減係数等から得られたデータを基に、表面流出、中間流出、基底流出に相当する直列貯留型のタンクモデルを構築した。また、日洪水流出量、月洪水流出量を予測するプログラムを作成し、計算開始タンク定数を仮定する手法を開発した。このモデルを用いて流出量の予測を行い、良好な結果を得た。このモデルは傾斜度、植生の降雨遮断量ならびに土壌の透水性が既知の他流域へ応用できる利点がある。

(2)「降雨流出災害の解析と予測モデル」の研究では、降雨流出災害として昭和 57 年長崎災害を事例として解析し、さらに被害の予測モデルを作成した。この災害の降雨は、長崎市に関しては日雨量、時間雨量とも 100～200 年に 1 回以上の雨であり、諫早市については 50～100 年に 1 回の雨に相当しており、昭和 32 年諫早豪雨災害以来の雨であった。降雨量、平均谷密度、畑の平均傾斜度、市町村の平均傾斜度を説明変数として、目的変数である農地の被害面積率、農業用施設の被害密度を予測する重回帰モデルを作成し、検証した結果おおむね良好な結果が得られた。

このモデルにおいて降雨量以外の説明変数は、既存の土地分類図や地力保全基本調査総合成績書に掲載されている変数を使用している。したがって、市町村単位で種々の時間単位に対応した確率雨量を算定し、豪雨後の迅速な被害額を概算できる。さらに、確率豪雨水準に対応した防災対策立案に必要な情報を構築できることに特徴がある。

2.「傾斜地における斜面安定」の研究において、「(1)九州における主要な特殊土の斜面安定に影響する理工学的性質」、「(2)池敷シラス斜面の緑化による斜面安定機能」、および「(3)放牧草地におけるネザサ根の斜面安定機能」の 3 項目の検討を行った。

(1)「九州における主要な特殊土の斜面安定に影響する理工学的性質」の研究では、九州における傾斜畑の斜面安定に関する基礎的知見を得るために、主要な畑土壌である花崗岩風化マサ土、黒ボク、赤ボク、シラスの理工学的性質を解明した。重回帰分析法によって、乾燥密度と含水比が粘着力ならびに剪断抵抗角に及ぼす影響を解析した。その結果、粘着力に及ぼす影響は乾燥密度が含水比よりも大きく、含水比の増加はシラスを除いて粘着力を低下させることを明らかにした。また、剪断抵抗角に及ぼす影響は、含水比の方が乾燥密度よりも大きかった。さらに、土壌が飽和すると、シラス以外の粘着力は非飽和時の 40% から 90% に低下し、特にマサ土において低下が著しかった。剪断抵抗角は、いずれの土壌においても飽和すると非飽和時の 20% から 80% に低下しており、この場合もマサ土において低下が著しかった。

(2)「池敷シラス斜面の緑化による斜面安定機能」の研究では、池敷シラス

斜面の緑化のため、19種類の草生について耐冠水性、乾燥性ならびに種子の発芽率などの観点から実験を行った。その結果、夏型草はバヒアグラス、ローズグラス、ツクシオオガヤツリ、冬型草はレッドトップが有効であることが判明した。また、これら草の生育に適した土層改良目標として、乾燥密度は約 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 以下にすることが適当であることが判明した。

さらに、これら草生による斜面安定機能の研究結果、植生根の土壌緊縛力によって、剪断抵抗力は約5割の強度増加が認められた。特に、垂直荷重が $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ の場合に剪断抵抗力の増加が顕著であり、平均で約2倍の大きさを示した。このことは土かぶり圧が小さい斜面表層の崩壊や侵食防止に対して緑化工の有効性を示している。

以上のように、乾燥、多湿、冠水の厳しい3条件に適合した池敷斜面の緑化草種、緑化工の斜面安定機能の検討は、植生根の土壌緊縛にともなう剪断抵抗力の増加に起因することを工学的に明らかにした極めて少ない研究事例の一つである。また、緑化草の生育に適した土壌の乾燥密度を示し、池敷シラス斜面の緑化工に有用な知見を提供した。

(3)「放牧草地におけるネザサ根の斜面安定機能」の研究では、ネザサ根による放牧草地の斜面安定機能を研究した。その結果、ネザサが生えていない牧草地の裸地率は、牧草とネザサが共存する混在草地の5倍強となっていた。ネザサ根重は野草地>混在草地>牧草地の順で多かった。牛道の崩壊箇所数や崩壊面積はともに牧草地が多く、混在草地は極めて少なかった。ネザサ根は深さ40cm位まで網目状に分布しているが、牧草根は表層5cm位に多く存在している。そのため、牧草地は過湿時の牛の通行によって損傷され易い。一方、ネザサ根は土壌の緊縛作用に優れており、混在草地の剪断抵抗力は牧草地よりも約4割大きいことを明らかにした。

さらに、草地造成法の違いがネザサ根の分布に差異をもたらしており、このことにより根群の土壌緊縛力に相違を生じさせている。したがって、ネザサを枯死させて牧草のみとするよりも、ネザサを残した混在草地は家畜の蹄傷ひいては侵食、荒廃から放牧地を保全する上で有利といえる。

以上のように、この研究は土質工学と草地生態学の境界領域を対象とし、ネザサ根が有する土壌緊縛力による剪断抵抗力の増強を活用した保全型の混在草地造成法の有効性を明らかにしたものである。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 堀 口 郁 夫

副 査 教 授 松 田 豊

副 査 教 授 長 澤 徹 明

学 位 論 文 題 名

傾斜農地の災害防止のための降雨流出と 斜面安定に関する研究

本論文は、図 68、表 66、146 ページからなる和文で、別に 18 編の参考論文が添えられている。

我が国の北海道以外に存在する畑地は傾斜地が多く、しかも 1 区画の面積が狭小である。最近、農作業機械の効率的利用を図るため、この傾斜農地の圃場区画を大きくする傾向にある。狭小な傾斜農地の区画を拡大するためには、大規模な工事を必要とし、降雨による土壌侵食や崩壊などの農地災害防止に留意する必要がある。本論文は傾斜農地の災害防止のため、「傾斜地における降雨流出と災害」および「傾斜地における斜面安定」の研究を行ったものである。

1. 「傾斜地における降雨流出と災害」の研究において、「(1)傾斜小流域における降雨流出の解析と予測モデル」、および「(2)降雨流出災害の解析と予測モデル」の 2 項目の検討を行った。

(1)「傾斜小流域における降雨流出の解析と予測モデル」の研究では、傾斜地における降雨災害を防止するため、降雨、植生、地形ならびに土壌要因と流出の関係を調査し、さらに流出量の予測法について検討した。その結果、直接流出量は、総雨量 R 、初期流量 Q_i 、降雨強度 r などを用いた重回帰式で表された。また、直接流出量に及ぼす影響の大きさは、総雨量 $R > 初期流量 Q_i > 降雨強度 r$ の順であった。さらに、これらによる直列貯留型のタンクモデルを構築した。また、洪水流出量を予測するプログラムを作成し、計算開始タンク定数を仮定する手法を開発した。このモデルは傾斜度、植生の降雨遮断量および土壌の透水性が既知の他流域へ応用できる利点がある。

(2)「降雨流出災害の解析と予測モデル」の研究では、降雨流出災害として昭和 57 年長崎災害を事例として解析し、さらに被害予測モデルを構築した。この災害の降雨は、長崎市に関しては日雨量、時間雨量とも 100～200 年に 1 回以上の雨に相当して

いた。降雨量，平均谷密度，畑の平均傾斜度，市町村の平均傾斜度を説明変数として，目的変数である農地の被害面積率，農業用施設の被害密度を予測する重回帰モデルを作成し，検証した結果おおむね良好な結果が得られた。このモデルは市町村単位で確率雨量を算定し，豪雨後の迅速な被害額を概算できるのみならず，防災対策立案に必要な情報を構築できることに特徴がある。

2. 「傾斜地における斜面安定」の研究において，「(1)九州における主要な特殊土の斜面安定に影響する理工学的性質」，「(2)池敷シラス斜面の緑化による斜面安定機能」，および「(3)放牧草地におけるネザサ根の斜面安定機能」の3項目の検討を行った。

(1) 「九州における主要な特殊土の斜面安定に影響する理工学的性質」の研究では，九州における傾斜畑の斜面安定に関する基礎的知見を得るために，主要な畑土壌である花崗岩風化マサ土，黒ボク，赤ボク，シラスの理工学的性質を解明した。重回帰分析法によって，乾燥密度と含水比が粘着力ならびに剪断抵抗角に及ぼす影響を解析した。その結果，粘着力に及ぼす影響は乾燥密度が含水比よりも大きく，含水比の増加はシラス以外の粘着力を低下させることを明らかにした。また，剪断抵抗角に及ぼす影響は，乾燥密度より含水比が大きかった。

(2) 「池敷シラス斜面の緑化による斜面安定機能」の研究では，池敷シラス斜面の緑化のため，19種類の草生について耐冠水性，乾燥性ならびに種子の発芽率などの観点から実験を行った。その結果，夏型草はバヒアグラス，ローズグラスなど，冬型草はレッドトップが有効であることを示した。また，これら草の生育に適した乾燥密度は約 1.2g/cm^3 以下にすることが適当であると結論した。さらに，これら草生による斜面安定機能の研究結果，植生根の土壌緊縛力によって，剪断抵抗力は約5割の強度増加が認められた。

(3) 「放牧草地におけるネザサ根の斜面安定機能」の研究では，ネザサ根による放牧草地の斜面安定機能を研究した。その結果，ネザサがない牧草地の裸地率は，ネザサと牧草が共存する混在草地の5倍強となっていた。ネザサ根は深さ40cm位まで網目状に分布しているが，牧草根は表層5cm位に多く存在する。そのため牧草地は過湿時の牛の通行によって損傷され易い。一方，ネザサ根は土壌の緊縛作用に優れており，混在草地の剪断抵抗力は牧草地よりも約4割大きいことを明らかにした。したがって，ネザサを枯死させて牧草のみとするよりも，ネザサを残した混在草地は家畜の蹄傷ひいては侵食，荒廃から放牧地を保全する上で有利であると結論した。

以上のように，本論文は傾斜農地について災害防止のための降雨流出と斜面安定に関する研究である。この成果は学術的・実用的に高く評価される。よって審査員一同は，太田弘毅が博士（農学）の学位をうけるに十分な資格を有するものと認めた。