

学 位 論 文 題 名

積雪寒冷地域における傾斜農地の保全に関する研究

学位論文内容の要旨

1. はじめに

近年、科学技術と工業生産が飛躍的に向上する一方、食糧や工業原材料の増産に伴う圧迫により農地の開発と過酷な使用が進められ、森林の破壊、土壌流失などの問題が生じている。農地の劣化、砂漠化に関する議論が盛んに行われるなど、土壌侵食や農地保全の問題が注目され、重要な研究課題となっている。日本でも、経済の発展、工業生産の拡大などから土地利用状況に大きな変化が生じつつある。農地開発が広い範囲で行われると同時に、農地は外周部の山間、丘陵地へ押しやられる状況にある。一方、傾斜農地の造成で自然の植生や地形が改変されることによって、地表・地盤の平衡安定系が乱され、圃場面侵食や法面崩壊が発生しがちになる。これらの侵食・崩壊・土砂流亡などは、その地盤形状の安定性の問題としてのみだけでなく、その周辺部の問題としても注目され、極めて重要な検討課題となっている。また、凍結した地盤の融解や融雪流出にともなう傾斜地の侵食は、積雪寒冷地域の農地保全を考えると無視できない問題である。

本研究は、積雪寒冷地域の農地保全を目的とし (1)傾斜農地、主に造成農地の侵食機構および影響因子 (2)傾斜農地への USLE の適応や融雪流出による侵食および地盤凍結の影響 (3)保全策としての圃場の維持管理と営農形態、などについて検討を加えたものである。なお調査は、国営農地開発事業南後志地区、豊丘地区および北海道大学農学部附属農場、附属牧場において実施した。

2. 降雨による圃場面の侵食

降雨と侵食に関する因果関係の解明は、農地保全に対して基本的な課題であると考えられる。本研究では、枠試験により降雨と表面流出、土壌流亡などを観測し、圃場面侵食実態調査を行った。それらの観測結果に基づき、表面流出水量・流亡土量と降雨量・降雨強度・EI 値（降雨の運動エネルギー E とピーク降雨強度 I との積）などとの関係について検討を加えた。

USLE の適応性を検討する過程で、降雨流出係数の基本指標である EI 値と流亡土量との相関性が確認された。また、10分雨量と時間雨量による EI 値との相関関係を検討し、時間データに

よる EI 値推定の可能性を示した。融雪期の実測流亡土量から求められた融雪流出係数を用いて、積雪寒冷地域の降雨流出係数と土壌係数を求める修正方法を提案した。USLE に基づく枠試験の結果、南後志地区、附属農場それぞれの降雨流出係数は $194.19, 132.75 \text{ m}^3 \cdot \text{tf} / (\text{ha} \cdot \text{hr})$ 、土壌係数は $1.02 \times 10^{-3}, 7.74 \times 10^{-2} \text{ hr} \cdot \text{t} / (\text{tf} \cdot \text{m}^2)$ と算定された。また、南後志地区の作物管理係数として、馬鈴薯0.44、小豆0.41、ビート0.36、牧草マルチ0.17、牧草0.09、自然ササ0.04が得られた。また、圃場に発生したリル侵食を調査した結果、リル侵食量は $126.4 \sim 166.4 \text{ t} / (\text{ha} \cdot \text{yr})$ と推定され、土壌保全にとってリルの影響が大きいことを確認した。季節別の降雨特性と侵食についても検討を加え、秋は土壌係数が大きく、侵食が発生しやすいことを指摘した。

3. 融雪・融解と侵食

北海道は積雪が多く、一部の地域では地盤凍結も発生する。融雪・融解による侵食機構を把握し、防災措置を確立することは北海道の農地保全上重要であり、融雪による侵食性の評価、侵食流亡土量の予測などについて検討する必要がある。本研究では、南後志地区の傾斜基準枠において融雪侵食調査を行い、また附属農場の傾斜試験枠では積雪・融雪、凍結・融解、融雪流出、土壌流亡などを観測し、それぞれ検討を加えた。

附属農場における積雪深と積雪密度の観測により、最大積雪相当水量は融雪期の直前にあらわれることを確認した。また、融雪枠による調査で積雪期の融雪状況を時間ごとに観測し、融雪が本格的に開始する以前でも融雪が連続的に発生することを明らかにした。地盤が凍結する場合には、融雪による流出水量と流亡土量は、地盤が凍結しない場合よりはるかに多いことが確認された。地盤の凍結・融解前歴による降雨侵食への影響について観測した結果、凍結・融解によって地盤の浸入性が増大する反面、表土の耐食性は低下することが推定された。USLE の降雨流出係数の補助的係数である融雪流出係数 R_s について検討し、USLE の算出方法がこれらの調査地区では過大評価になることを指摘するとともに、冬期間降水量あるいは積雪相当水量に基づく R_s の換算乗数について検討を加えた。南後志地区、附属農場における融雪流出係数 R_s は、それぞれ $16.43, 0.32 \text{ m}^3 \cdot \text{tf} / (\text{ha} \cdot \text{hr})$ であり、 R_s の換算乗数（USLE では1.0）は、0.01および0.25と推算された。また、附属農場の調査より、地盤が凍結する場合の融雪流出係数は、不凍結地盤の場合の13倍ほど大きな値となった。

4. 造成農地の法面保全

改良山成畑工による大規模な農地造成事業では、大量の切盛土工が実施される。原地形を大幅に変えるとともに土地の耐食性、地盤の支持力、地下・地表水文環境などを変化させる。このため圃場末端に位置する法面に負担がかかり、法面の崩壊がしばしば発生する。本研究では、降雨

・融雪による盛土法面の崩壊機構を解明するとともに、有効な保全策を確立するため、法面崩壊の現場調査および室内土質実験を実施して検討を加えた。

南後志地区と豊丘地区において現地調査を行い、各地区の気象・地形・圃場形態・地下水条件などの面から、法面崩壊に対する主な影響因子を検討した。造成圃場および盛土法面の締固め状況による影響を検討するため、現地で簡易貫入試験を行い、地盤の性状と崩壊との関連について検討を加え、造成地盤の不均一性が法面保全問題に関与することを確認した。地下水の挙動による影響を検討するため、圃場～盛土法面において地下水位を観測した結果、降雨によって崩壊部分の地下水位が大幅に上昇することが認められた。また、法面崩壊に対する浸透流の影響を検討するため締固め土の浸透破壊試験を実施し、供試体密度の低下とともに限界動水勾配が減少する結果を得た。

5. 小流域の流出特性

大流域では、流域内各局部の地形、地質、地表および気象条件のバラツキが大きく、流出のピーク流量は互いに相殺、重なってしまい、全体的により円滑、起伏の緩い流出特徴になる。それに対して、小流域では、流域内の諸条件が比較的均一で、出水が大流域より速く、ピーク流出の集中性が強いと推測される。

農地保全から考えると、改良山成畑、傾斜放牧地など小範囲での融雪・融解による侵食、圃場排水問題などに関して流出域自体が問題となるため、圃場規模あるいは極めて小さい面積について降雨、融雪による流出特性の検討を進める必要がある。また、圃場排水システムの計画、設計、防災策を確立するためにも小流域の流出特性を把握することが必要と考えられる。

本研究では、附属牧場に放牧地と自然林地の二つの調査小流域を設定して、1988年3月、1989年3月、1990年2～3月の融雪・流出について、また1988年9～10月の降雨をともなう流出について観測・解析を行った。小流域の降雨による流出は、出水が速くピーク後の通減も速い。短時間に大きなピーク流出量があられ、集中性が強い。林地より放牧地の流出が速く、ピーク流量が大きい。融雪期の流出は、気温の変化と対応して日周期変動が見られる。融雪期に降雨がある場合には流出量は大きく増加し、一般的な融雪量の18～25倍ほど大きくなることもある。観測結果から融雪係数 m を求めると、放牧地で $0.03\text{mm}(\text{℃} \cdot \text{hr})$ 、林地で $0.01\text{mm}(\text{℃} \cdot \text{hr})$ の値を得た。

6. おわりに

傾斜農地の保全問題に及ぼす影響因子は複雑多岐にわたる。すなわち、降雨・地形・土壌・植生・営農体型・管理技術など、多くの因子に左右され、また積雪や地盤凍結により問題はますます複雑となる。本研究では、USLEを適用して検討することにより、既知の情報とこれらを連

結対比するなど、積雪寒冷地における傾斜農地の保全を考えるうえで有意義な結果を得ることができた。今後ともこれらの研究が大いに発展することを期待する。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 梅 田 安 治

副 査 教 授 前 田 隆

副 査 教 授 堀 口 郁 夫

本論文は総頁数233頁で、緒言・本論・総括・引用文献からなり、本論は4章より構成され、表56・図68・写真18を含む和文論文である。

世界的に農地開発が広い範囲で行われ、植生や地形が改変されることで地表・地盤の安定性が変化し、圃場面侵食や法面崩壊が発生しがちとなるなど、農地の保全が重要な検討課題となっている。また、凍結した地盤の融解や融雪流出にともなう傾斜地の侵食は、積雪寒冷地域の農地保全を考えると無視できない問題である。本研究は、積雪寒冷地域の農地保全を目的とし、傾斜農地、とくに造成農地の侵食機構および影響因子、USLEの日本への適応性、融雪・融解による流出と侵食、小流域の流出特性、などについて検討したものである。

圃場面侵食の量的推測を目的としたUSLEの適応性を基準枠試験の結果から検討する過程で、降雨流出係数の基本指標であるEI値と流亡土量との相関性が確認された。また、10分雨量と時間雨量によるEI値の相関関係の検討から、時間データによるEI値の推定の可能性を確かめた。融雪期の実測流亡土量から求められた融雪流出係数を用いて、積雪寒冷地域において降雨流出係数と土壌係数を求める修正方法を提案した。また、リル侵食を観測し、農地保全にとってリルの影響が大きいことを確認した。季節別の降雨特性と侵食についても検討を加え、秋は土壌係数が大きく、侵食が発生しやすい季節であることを指摘した。

地盤が凍結する場合、融雪による流出水量と流亡土量は、地盤が凍結しない場合より著しく多いことが確認された。また、地盤の凍結・融解前歴によって浸入性は増大するが、表土の耐食性は低下することが推定された。USLEの降雨流出係数の補助的係数である融雪流出係数 R_s について検討し、USLEの算出方法では過大評価となることを明らかにした。

法面の保全について現場調査を行い、各地区の気象・地形・圃場形態・地下水条件などの面か

ら、法面崩壊に対する主な影響因子を検討した。造成圃場で、地盤の性状と崩壊の関連について検討を加え、造成地盤の不均一性が法面保全問題に関与することを確認した。また、締固め土の浸透破壊試験を実施し、密度の低下とともに限界動水勾配が減少する結果を得、現地の地盤性状・地下水挙動と法面崩壊現象との関係を解明した。

小規模の集水域は、区域内の諸条件が比較的均一で、出水が大流域より速く、ピーク流出の集中性が強い。また林地より放牧地の流出が速く、ピーク流量が大きい。融雪期の流出は、気温の変化に鋭敏に対応した日周期変動が見られる。融雪期に降雨がある場合には流出量は大幅に増加することなどを現地観測の結果から確認した。

これらの成果は以下のように総括される。

1) USLE の土壌係数 K は、南後志地区、北大附属農場で 10.19×10^{-1} , $7.74 \times 10^{-2} \text{ hr} \cdot \text{t} / (\text{tf} \cdot \text{m}^2)$ と算出された。2) 融雪流出係数 R_s を検討した結果、両地区における換算乗数は USLE で規定される値のそれぞれ $1/4$, $1/100$ となった。3) 地盤凍結する場合、融雪水の平均表面流出率は 73% に達し、不凍結圃場の 4% よりはるかに大きく、侵食流亡土量も不凍結圃場より著しく大きい。4) 融雪流出の観測結果から融雪係数 m を求めると、放牧地で $0.03 \text{ mm} / (^\circ\text{C} \cdot \text{hr})$, 林地で $0.01 \text{ mm} / (^\circ\text{C} \cdot \text{hr})$ の値を得た。5) 南後志地区での観測例で圃場のリル侵食量は $126.4 \sim 166.4 \text{ t} / (\text{ha} \cdot \text{yr})$ と推定され、面状侵食量の 280~400 倍となる。6) 季節別の侵食量は、北大附属農場の枠試験によると、融雪期の 3 月に 0.2%, 4~5 月 3.3%, 6~8 月 27.1%, 9~11 月 69.4% となった。7) 作物・牧草および自然植被の侵食抑制機能が確認された。枠試験から、馬鈴薯 0.44, 小豆 0.41, ビート 0.36, 牧草マルチ 0.17, 牧草 0.09, 自然ササ 0.04 の作物管理係数を得た。

これらの成果は、積雪寒冷地（北海道）における USLE 諸係数の確定の端緒をみいだすとともに、小流域における流出特性を明確にし、農地保全研究に大きな進歩をもたらした。審査員一同は李 里漫が博士（農学）の学位をうける十分な資格を有するものと認定した。