

学 位 論 文 題 名

圃場および広域レベルにおける野菜畑の
土壌侵食量推定に関する研究

学位論文内容の要旨

日本では、1950年代以降に傾斜地の大規模畑地帯が造成されてきた。こうした畑作地帯では、降雨－流出にともなう土壌侵食（水食）の危険性が高い。土壌侵食は畑地の作土を減少させて農地の生産性を低下させ、また、畑地から流出する侵食土砂は下流域の水環境や動植物生態系に悪影響を与える。こうした畑地帯において持続的かつ環境に配慮した農業生産を持続するためには、土壌侵食対策を実施することが求められる。土壌侵食対策の設計・計画では、異なる時間・空間スケールにおける土壌侵食量の把握が必要である。土壌侵食は、降雨、土壌、地形、植生等の因子に影響されるため、降雨－流出の発生時期や作物の生育ステージによって土壌侵食量は大きく変化する。このため、侵食防止作付体系や侵食防止施設の諸元決定には、短期間の圃場レベルにおける土壌侵食量を把握する必要がある。一方、対策が必要な地区の選定や対策方法の選定には、広域レベルにおける土壌侵食量を把握する必要がある。

そこで、本研究では、黒ボク土からなるキャベツ生産を主体とした高冷地の大規模な傾斜畑地帯を対象に、短期間の圃場レベルにおける土壌侵食量および広域レベルでの土壌侵食量の推定手法を提案することを目的とした。短期間の圃場レベルにおける土壌侵食量の推定手法として、キャベツの生育の影響度を考慮した畝立て圃場における土壌侵食量推定モデルを構築し、その有効性を検討した。また、広域レベルにおける土壌侵食量の推定手法として、地理情報システム（GIS）を援用した土壌侵食予測式（USLE）による土壌侵食量の広域的推定手法を示し、USLEの係数値の決定方法について検討した。以下に、本研究で得られた結果を示す。

1. キャベツ栽培条件下における畝部の土壌侵食レート式

キャベツを植えた畝部の実物大模型に人工降雨を与える土壌侵食実験を行い、実験結果に基づいて畝部の土壌侵食レート式を構築した。また、本式を野外の自然降雨条件下における畝部の土壌侵食観測結果にあてはめ、適用性を検討した。本式は、キャベツの生育の影響度を考慮した畝立て圃場の土壌侵食量推定モデルを構成するサブモデルと位置づけられる。人工降雨実験の結果から、畝部の土壌侵食形態は主として裸地領域に雨滴が衝突することによる雨滴侵食であり、キャベツの植被によって遮断される雨水が畝部の土壌侵食に与える影響はみられないことが明らかとなった。畝部の土壌侵食レートは、降雨強度のほぼ二乗に比例して増加し、畝の横断勾配の増加とともに直線的に増加し、キャベツの植被率の増加とともに直線的に減少することが分かった。これらの結果に基づき、降雨強度、

土壌の受食性係数、畝の横断勾配、キャベツの植被率を変数とする畝部の土壌侵食レート式を構築した。また、本式を野外条件に用いる場合は、時間間隔が5分間以下の平均降雨強度を用いた場合に適用性が高いことが明らかとなった。

2. キャベツ栽培圃場を対象とした土壌侵食量推定モデル

キャベツ栽培圃場内に裸地試験区およびキャベツ栽培試験区を設置して土壌侵食の現地観測を行ない、キャベツ栽培圃場における畝部および畝間部の土壌侵食特性を把握した。また、キャベツの生育の影響度を考慮した畝立て圃場の土壌侵食量推定モデルを構築し、その有効性を検討した。畝立て圃場における土壌侵食は、畝部で発生する雨滴侵食と畝間部を流れる表面流出水の土壌の剥離と侵食土砂の輸送によるものと推察された。キャベツ栽培試験区の土壌侵食量は裸地試験区に比べて小さく、この結果は、両試験区の降雨一流出特性の違い、キャベツ収穫前におけるキャベツの植生による畝部の土壌侵食量の軽減効果、キャベツ収穫後における残滓が畝間部の土壌侵食過程におよぼす影響によるものと推察された。キャベツの生育の影響度を考慮した畝立て圃場の土壌侵食量推定モデルは、表面流出によって畝間流路を移動する侵食土砂の連続式を基本式とし、前述の畝部の土壌侵食レート式と畝間部の土壌侵食レート式より構成される。畝間部の土壌侵食レート式の一部である畝間流れによる土壌の剥離レート式は、水路実験に基づいて決定した。このモデルを現地観測データに適用したところ、裸地試験区と収穫前のキャベツ栽培試験区での土壌侵食量の実測値をよく推定できた。しかし、収穫後のキャベツ栽培試験区での土壌侵食量の推定値は実測値を大きく上回り、畝間部の土壌侵食に対する残滓の影響度を評価する必要性が示唆された。

3. 野菜畑地帯における土壌侵食量の広域的推定手法

野菜畑地帯における土壌侵食量の広域的推定手法として、GISを援用して圃場1筆ごとに土壌侵食量を推定する手法を示し、土壌侵食量の推定に用いるUSLEの地形係数、降雨係数、土壌係数の決定方法を検討した。地形係数については、従来行われてきたメッシュ単位による算定方法の問題点を指摘し、圃場1筆ごとに係数値を求めることが有効であることを示した。また、各圃場の地形係数は、地形図より抽出した圃場の区画情報と地形情報を用いることにより算出することができる。広域レベルにおける降雨係数の算出には、アメダス10分間降雨データを用いることが有効であることを示した。長期間にわたる土壌侵食の観測が必要な土壌係数の決定法については、沈砂池を含む農地造成団地での土砂堆積量調査に基づく簡便な決定法を提示した。これらのUSLEの係数決定法を黒ボク土からなるキャベツ生産を主体とした傾斜野菜畑地帯(18×19km、圃場数11,544筆)に適用して、各圃場の年平均土壌侵食量の推定結果ならびにその活用事例を示し、本手法の実用性を示した。

以上の研究結果から、キャベツ栽培圃場における畝立て直後から収穫時までの期間を対象とした短期間の土壌侵食量推定モデルと、キャベツ生産を主体とした高冷地の大規模な傾斜畑地帯の土壌侵食量の広域的推定手法が示された。これらは、キャベツ生産を主体とした高冷地の大規模な野菜地帯における、キャベツの生育ステージに応じた侵食防止対策の実施、圃場末端の草生帯や沈砂池など侵食防止施設の設計諸元や管理方法の決定に貢献する。また、畑地帯において侵食対策を必要とする地区の選定と対策手法の選択の検討に貢献する。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 矢 沢 正 士

副 査 教 授 長 澤 徹 明

副 査 教 授 長 谷 川 周 一

副 査 教 授 波 多 野 隆 介

学 位 論 文 題 名

圃場および広域レベルにおける野菜畑の 土壌侵食量推定に関する研究

本論文は5章からなり、図29、表13、参考文献160を含む131ページの和文論文である。他に参考論文7編が添えられている。

日本では、1950年代以降に大規模な傾斜野菜畑地帯が造成されてきた。このうちキャベツ生産を主体とした畑地帯では、労働生産性の向上と病害発生防止の観点から縦畝栽培が慣行的に行われている。縦畝栽培圃場では土壌侵食（水食）の危険度が高く、土壌侵食による作土の減少や流域環境への悪影響が懸念されている。こうした畑地帯において持続的かつ環境に配慮した農業を行うためには、土壌侵食の対策が不可欠である。土壌侵食対策の合理的な設計・計画には、土壌侵食量を正確に把握する必要がある。特に、作物栽培期間中の営農的な対策を検討するためには、作物の生育状況を踏まえた短期間の圃場レベルでの土壌侵食量を把握する必要がある。また、対策が必要な地区の選定には広域レベルでの土壌侵食量を把握する必要がある。これらが相まって土壌保全対策は有効なものとなる。

本研究は、黒ボク土からなるキャベツ生産を主体とした高冷地の大規模傾斜畑地帯を対象に、短期間の圃場レベルにおける土壌侵食量および広域レベルでの土壌侵食量の推定手法を提案することを目的として行われた。

1. キャベツ栽培条件下における畝部の土壌侵食レート式

(1) キャベツを植栽した畝部の実物大模型に人工降雨を与える土壌侵食実験を行い、侵食量と降雨強度、畝部の横断勾配、キャベツの植被率との関係を検討した。

(2) 人工降雨実験で観察された畝部の土壌侵食は主として雨滴侵食であり、その土壌侵食レートは降雨強度の二乗にほぼ比例した。また、侵食レートは、畝の横断勾配の増加とともに直線的に増加し、植被率の増加とともに直線的に減少した。

(3) 以上の実験結果に基づき、降雨強度、土壌の受食性係数、畝の横断勾配、キャベツの植被率を変数とする畝部の土壌侵食レート式を構築した。本式は、キャベツの生育の影響を考慮した畝立て圃場の土壌侵食量推定モデルを構成するサブモデルである。

(4) 本式を野外条件に適用する場合は、時間間隔が5分間以下の平均降雨強度を用いる

ことにより適用性が高くなることを明らかにした。

2. キャベツ栽培圃場を対象とした土壤侵食量推定モデル

(1) キャベツ栽培圃場における畝部と畝間部の土壤侵食特性を検討するため、圃場内に裸地試験区とキャベツ栽培試験区を設置して土壤侵食量の現地観測を行った。

(2) 畝立て圃場における土壤侵食は、畝部で発生する雨滴侵食と畝間を流れる表面流水による土壤の剥離および侵食土砂の輸送によることを認めた。

(3) キャベツ栽培試験区の土壤侵食量は裸地試験区に比べて小さく、この結果は、両試験区の降雨－流出特性の違い、キャベツ植生による畝部の土壤侵食量の軽減効果、キャベツ収穫後の残滓が畝間の土壤侵食過程におよぼす影響によるとみなされた。

(4) 現地観測結果を踏まえて、表面流出によって畝間流路を移動する侵食土砂の連続式を基本式とするキャベツ栽培圃場を対象とした土壤侵食量推定モデルを構築した。本モデルは、前述の畝部の土壤侵食レート式および畝間部の土壤侵食レート式より構成される。

(5) モデルを現地観測データに適用したところ、裸地試験区と収穫前のキャベツ栽培試験区では実測値をよく再現していた。しかし、収穫後のキャベツ栽培試験区では推定値が実測値を大きく上回り、キャベツの残滓の影響が畝間部の侵食に大きく寄与しているとみなされた。

3. 野菜畑地帯における土壤侵食量の広域的推定手法

(1) 年平均土壤侵食量の予測式である USLE を、黒ボク土からなる傾斜野菜畑地帯（18×19km）における土壤侵食量の広域推定に適用するため、地形係数、降雨係数、土壤係数の決定方法の改善を図った。

(2) 地形係数については、従来のメッシュ単位による算定法の問題点を指摘し、圃場 1 筆ごとに係数値を求めることが有効であることを示した。

(3) 降雨係数については、観測時間のインターバルが短い AMeDAS10 分間降雨データを用いることが有効であることを示した。

(4) 長期間の土壤侵食観測が必要な土壤係数の決定法については、沈砂池を含む農地造成団地での土砂堆積調査に基づく簡便な決定法を示した。

(5) 以上の方法で得られた USLE の各係数値を用いて傾斜野菜畑地帯における各圃場の年平均土壤侵食量の推定結果を示し、本手法の有用性を示した。

以上のように、本論文は傾斜野菜畑を対象に、畝立て圃場レベルにおける土壤侵食の物理過程を踏まえた土壤侵食量の推定モデルと土壤侵食量の広域推定における USLE の実用的な適用手法を提示したものであり、その成果は関連学会においても高く評価されている。よって審査員一同は、塩野隆弘が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。