

氏 名	みなみ のり ゆき 南 哲 行
学 位 の 種 類	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2511 号
学位授与の日付	平 成 16 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	南西諸島における赤土砂の生産・流出機構とその対策に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 水 山 高 久 教 授 野 渕 正 教 授 三 野 徹

論 文 内 容 の 要 旨

南西諸島においては、降雨のたびに「赤土砂」と呼ばれる浮遊土砂が生産されて流出し、河川域では底生生物の消滅や利水阻害、海域ではサンゴ礁内の生態系や漁業、観光などに深刻な影響を及ぼしている。現在、沖縄県では、開発行為に関しては条例の施行により具体的な基準等に基づいた対策が実施され、その流出は減少してきているが、相対的に既存農地からの流出の割合が大きくなってきている。

本論文は、赤土砂の発生源が既存農地のうち特にパインアップル圃場であることを確認し、そこでの対策を効率的に進めるため、耕作天地返し～植付け～収穫の間の時間経過に伴って重点的に対策を実施すべき期間や発生個所の特定、赤土砂の生産・流出のメカニズムの解明とそれらを踏まえた現地で広く適用可能な対策手法の提案、その効果を定量的に評価できる赤土砂流出予測モデルの作成と実流域における検証を行ったものである。

まず、土地利用の異なる 4 流域において SS 濃度や微細粒土砂の流出量を計測、解析し、パインアップル圃場が赤土砂の主要な生産源であることを確認し、また、これまでの圃場や河川における赤土砂対策工の評価と問題点を整理した。

次に、パインアップル株の植付けからの時間経過と侵食量との関係を観測、調査し、耕作地の地表面が圃場における主要な土砂生産の場であり、その期間は天地返し後 1 ヶ月からおおむね 1 年間であることを明らかにし、赤土砂の発生限界雨量についても把握した。

また、降雨直後の圃場から表面土を切り出し、断面を観察した結果、土壌表面に土粒子密度が低く軟弱な薄層の形成が見られた。さらに人工降雨実験により、圃場地表面でその薄層（以下、「過飽和層」という）の形成を確認するとともにそこでの侵食が顕著となることが観察できた。

そこで、土質試験、地盤侵食試験、二次元水路実験を行った結果、30分以内に現地観測で確認された赤土砂流出限界降雨値と同程度の降雨量11mm相当で表面約10mmがほぼ飽和となった。また、圃場から採取した不攪乱試料を水浸させた場合でも30分以内に見かけ飽和度が100%を超過する「過飽和層」が試料の表面から 5 mm程度の厚さに形成された。この試料の粘着力は含水比の増加とともにほぼ直線関係で低下し、限界掃流力は0.65Paと推定され、限界降雨強度約10mm/h、表面流の水深約 3 mm、流速約 6 cm/sに相当し、実際の圃場での水理量に近似している。これに対して非過飽和層（過飽和層直下の層）の限界掃流力は 5 Pa程度と推定され、降雨強度約130mm/h、表面流の水深約10～18mm、流速約15～26cm/sに相当するが、このような水理量は現地の圃場では観測されていない。このことから、「膨潤性物質を含む粘性性土壌の一種である赤土砂は、地表面に形成された過飽和層が表面流により侵食される」というメカニズムが明らかになった。

次に、二次元河床変動計算法を基本として、圃場の耕作段階による赤土砂の生産・流出特性の違いを表現でき、かつ赤土砂生産・流下過程を一貫して再現できる計算モデルを提案した。

赤土砂の生産源である圃場地表面では過飽和層の形成により土粒子が浮遊状態になり流出することから、0.1mmより大きい粗粒分に対して芦田・道上の浮遊砂量式を適用し、0.1mmより小さい細粒分（ウオッシュロード）については粗粒径成分

の移動に伴って移動するものと考え、粒度分布におけるそれぞれの割合の比により算定した。耕作期間の違いは、パインアップルの生育齢による地表面被覆率の違いとして取り入れた。また、計算手法を河川流域に拡張する際に、ウオッシュロードについては全量流下するものとした。サーン川全流域に適用した結果、流出土砂量の計算値は観測地よりも全般に少な目となったが、流出土砂の波形は比較的良好に再現できた。地表被覆率を増大させる対策工の効果を流域単位で数量的に把握する目的で適応可能であることが分かった。

さらに、現地での試験施行を基に、現地適応度の高い経済的、省力的、効果的な赤土砂生産抑制対策工として古株碎断物を資材にしたマルチングと作物を植える畝部の藻類等を維持する減耕起法を併せて用いる方法を提案し試験施行を行った。その結果、効果最大時で赤土砂流出を17%に抑えることが示された。この効果は、構築した赤土砂生産・流出計算モデルによっても評価された。

論文審査の結果の要旨

南西諸島においては、赤土砂と呼ばれる浮遊土砂が降雨によって生産され、流出し、河川域の底生生物消滅や利水阻害を引き起こし、海域ではサンゴ礁内の生態系や漁業、観光などに深刻な影響を及ぼしている。現在、沖縄県では、開発行為に関しては条例により基準等に基づいた対策が実施され、その流出は減少してきているが、相対的に既存農地からの流出の割合が大きくなってきている。

本論文は、赤土砂の発生源が既存農地のうち特にパインアップル圃場であることを確認し、そこでの対策を効率的に進めるため、耕作天地返し、植付け、収穫の時間経過に伴って重点的に対策を実施すべき期間や個所の特定、赤土砂の生産・流出のメカニズムの解明とそれらを踏まえた現地で適用可能な対策手法の提案、その効果を定量的に評価できる赤土砂流出予測モデルの作成と実流域における検証を行ったものであり評価できる点は以下のとおりである。

1. 土地利用の異なる4流域においてSS濃度や微細粒土砂の流出量を計測、解析し、パインアップル圃場が赤土砂の主要な生産源であることを確認した。
2. パインアップル株の植付けからの時間経過と侵食量との関係を観測・調査し、耕作地の地表面が圃場における主要な土砂生産の場であり、その期間は天地返し後1ヶ月からおおむね1年間であることを明らかにし、赤土砂の発生限界雨量についても把握した。
3. 降雨直後の圃場から表面土を切り出し、断面を観察した結果、土壌表面に土粒子密度が低く軟弱な薄層の形成が見られた。人工降雨実験により、圃場地表面でその薄層の形成を確認するとともにそこでの侵食が顕著となることが観察できた。土質試験、地盤侵食試験、二次元水路実験を行った結果、膨潤性物質を含む粘着性土壌の一種である赤土砂は、地表面に形成された過飽和層が表面流により侵食されるというメカニズムが明らかになった。
4. 二次元河床変動計算法を基本として、圃場の耕作段階による赤土砂の生産・流出特性の違いを表現でき、かつ赤土砂生産・流下過程を一貫して再現できる計算モデルを提案した。サーン川全流域に適用した結果、流出土砂量の計算値は観測地よりも全般に少な目となったが、流出土砂の波形は比較的良好に再現できた。地表被覆率を増大させる対策工の効果を流域単位で数量的に把握する目的で適応可能であることが分かった。
5. 現地での試験施行を基に、現地適応度の高い赤土砂生産抑制対策工として古株碎断物を資材にしたマルチングと作物を植える畝部の藻類等を維持する減耕起法を併せて用いる方法を提案して試験施行を行い、赤土砂流出を17%に抑えることができた。

以上のように本論文は、赤土砂問題を科学的に解明し、予測、対策、評価を可能にしたものであり、山地保全学、砂防学、森林科学に寄与するところが大きい。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15年11月13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。