

果樹園の農地石垣における流出土砂量モデル式の開発 Predictive formula of amount of soil eroded from the stone wall in an orchard

岡島 賢治*, 杉浦 亜紀*, 西脇 祥子*

OKAJIMA Kenji SUGIURA Aki and NISHIWAKI Shoko

1. はじめに

農地石垣は棚田や段畑において法面の保護に用いられ、西日本を中心に全国に広く分布している。また、美しい農村景観の構成要素というだけでなく、営農面でも最も重要な役割を担っているといえる。しかし、農地石垣に関して農地特有の災害、復旧、維持、管理について調査・研究が充分ではなく、保全に向けた適切な維持管理法が十分に検討されていない。本研究では果樹園を対象に豪雨、長雨により農地石垣の土が流出し、空洞ができて崩壊するパターンに着目して、降雨と流出土砂量の関係を明らかにし、適切な維持管理に活かすことをすることを目的とした。

2. 研究方法

農地石垣地域である熊本県熊本市西区河内町を研究対象地域とした。研究対象地域の果樹園が広がる河内山の代表的な農地石垣を観測地とした。観測地の農地石垣は1950年代に造成され、高さ1.55mである。

その農地石垣の前面に風雨を避ける小屋を建て、小屋内に農地石垣からの流出土砂を受け取る装置を設置した。装置は、水は流すが土は流さない構造とした。

観測は、2012年5月19日から2013年10月27日までの期間（以後、開発期間と呼ぶ）、2014年5月27日から2015年12月26日の期間（以後、検証期間と呼ぶ）に土を回収し、炉乾燥させて乾燥重量を測定した。降雨データは熊本地方気象台の1時間雨量を使用した。表1に全ての観測期間の観測開始日・土砂回収日、実測値および備考をまとめた。表1に記したように、期間番号4の時期には観測地の農地石垣の背面土に土が補充されていた。また、期間番号19は無降雨期間での流出土砂量の回収を行っており、観測地の農地石垣からは無降雨期間でも土砂が流出すること（以下、日常流出量）が確認された。

これらの観測結果をもとに、この地域の農地石垣からの流出土砂の乾燥重量を計算するモデル式を開発した。開発したモデル式に対して検証期間のデータでモデル式を検証した。

表1. 雲出川流域潜水橋の概要

期間名	番号	開始日	回収日	実測値(g)	備考
開発期間	1	2012/5/19	2012/9/3	1913.4	
	2	2012/9/3	2012/12/29	757.1	
	3	2013/1/9	2013/5/16	830.9	
	4	2013/5/17	2013/7/11	2132.6	土補充
	5	2013/7/12	2013/8/10	753.2	
	6	2013/8/11	2013/8/28	225.6	
	7	2013/8/29	2013/9/8	235.0	
	8	2013/9/9	2013/10/11	273.2	
	9	2013/10/12	2013/10/27	115.2	
検証期間	10	2013/10/28	2014/1/11	68.4	
	11	2014/1/12	2014/2/11	52.0	
	12	2014/2/12	2014/5/26	293.8	
	13	2014/5/27	2014/8/7	510.8	
	14	2014/8/8	2015/5/23	1704.2	
	15	2015/6/12	2015/8/8	478.1	
	16	2015/8/9	2015/9/25	701.1	
	17	2015/9/26	2015/10/4	503.7	
	18	2015/10/5	2015/10/14	128.3	
	19	2015/10/15	2015/10/22	84.8	無降雨
	20	2015/10/23	2015/10/27	117.4	
	21	2015/10/28	2015/11/4	621.4	
	22	2015/11/6	2015/12/1	96.5	
	23	2015/12/2	2015/12/26	175.7	

* : 三重大学大学院, Mie university キーワード : 農地石垣, 土砂流出, 維持管理

3. 流出土砂量モデル式の開発と検証

流出土砂は降雨に依存するとして、土地改良事業計画指針(改良山成畑工(1992))における土壌流亡予測式の降雨係数 R を用い、土壌や作物等のパラメータを含むと考えられる農地石垣係数 N を乗じてモデル式(1)を開発した。第1項は降雨による流出項と第2項は日常流出項となっている。

$$A = R \cdot N \cdot M + D \cdot T \quad [\text{g} \cdot \text{m}^{-1}] \quad (1)$$

$$R = \Sigma E \times I_{60} / 100 \quad (2)$$

$$E = (210 + 89 \log I) \cdot r \quad (I \leq 7.6 \text{cm/h}) \quad (3)$$

$$E = 288 \times r \quad (I > 7.6 \text{cm/h}) \quad (4)$$

A : 農地石垣からの流出土砂量 [$\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$], R : 降雨係数 [$\text{tf} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}$], N : 農地石垣係数 [$\text{g} \cdot \text{ha} \cdot (\text{m}^3)^{-1} \cdot \text{tf}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$], I_{60} : 計測期間中最大の時間雨量, E : 降雨エネルギー [$\text{m} \cdot \text{tf} \cdot \text{ha}^{-1}$], I : 区間における時間雨量 [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$], r : 区間雨量 [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$], M : 維持管理係数, D : 1時間あたりの流出土砂量 [$\text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hour}^{-1}$], T : 測定期間の時間 [hour]. 各パラメータは、平均二乗誤差(RMSE)を用いて実測値と計算値による誤差を評価し、最も誤差の小さいときの値 ($N=1.36$, $D=0.375$) とした。維持管理係数 M は基本的に 1 だが、農地石垣の管理(保全)のため農地石垣背面に土を補充した場合、平均二乗誤差(RMSE)を用いて土を入れてから 2ヶ月の間は 9.4, 3ヵ月後までは 5.1 とした。

図1にモデル式の計算値と実測値の結果を示す。開発期間の決定係数 R^2 値が 0.924 と高く、RMSE は 227.7g(総流出土砂量 7,236g)となったので、このモデル式を流出土砂量モデル式とした。

検証期間の実測値を用い、開発した流出土砂量モデル式($M=1$)で計算結果と実測値を比較した。図2に流出土砂量モデル式による計算値と実測値の結果を示す。決定係数 R^2 値が 0.7192 と高く、この期間の RMSE は 437.2g(総流出土砂量 5,129g)であった。検証期間の総流出土砂量に対して計算結果の誤差が 1割未満であったことから、流出土砂量モデル式は実測値を比較的よく表現できたと言える。また、図3に検証期間の土砂流出量の内訳を示す。計算結果の総流出土砂量のうち 18.5%が降雨流出分、81.5%が日常流出分となり、日常流出の影響が大きかった。

4. まとめ

対象果樹園における農地石垣からの流出土砂量を精度よく計算できるモデル式を開発することができた。その結果、農地石垣における総流出土砂量は1年あたり約 4300gであり、日常流出分の影響が大きいことが明らかとなった。

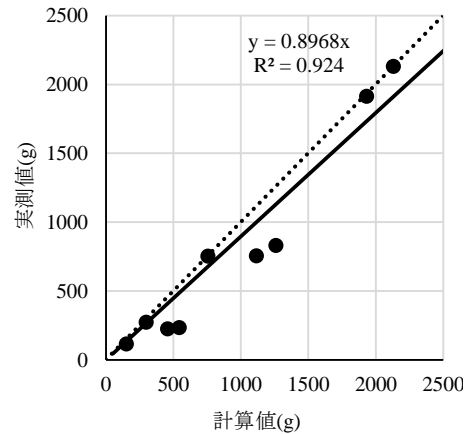


図1 開発期間の計算値と実測値の比較

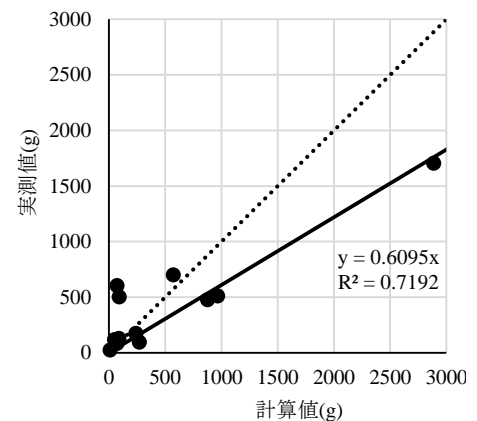


図2 検証期間の計算値と実測値の比較

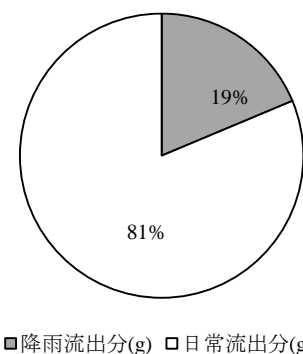


図3 検証期間の土砂流出量の内訳