

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21580300

研究課題名（和文） 地表面排水の圃場外流出を抑制する赤土流出防止対策の開発

研究課題名（英文） Development of Red Soil Runoff Preventive Measure

研究代表者

吉永 安俊（YOSHINAGA ANSHUN）

琉球大学・農学部・教授

研究者番号：80045129

研究成果の概要（和文）：ウッドチップを充填した浸透トレンチによる赤土流出防止対策を開発した。実験期間中の降雨条件下において圃場外への赤土流出量は 70%以上削減され、高い対策効果が認められた。試験地の土壌条件下において浸透トレンチの貯水は速やかに地下浸透するため、浸透トレンチの貯水は作物栽培に影響しないと考えられた。浸透トレンチの維持管理や営農作業を考慮すると、圃場の末端部のみに大容量で設置する方がよいと考えられた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed an infiltration trench filled with woodchips. Sediment runoff reduction efficiency was more than 70% under natural rainfall conditions. It was found that the water in the trench did not affect the crop cultivation because of rapid decrease of the water level. From a consideration of the maintenance and/or the farm work, it was better to set the trench on the lower side of a slope.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：水利環境

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：ウッドチップ，浸透トレンチ，赤土等流出防止対策効果，発生源対策

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究の学術的背景

畑地の赤土流出防止は、農地保全だけでなく公共用水域の水質保全の観点からも重要である。また近年、土砂とともに栄養塩も流出することが明らかにされてきており、水質保全における赤土流出防止の重要性が増している。これまで南西諸島の畑地帯において赤土流出防止対策として種々の工法が採用され、かつ莫大な資金が投入されてきたが依

然として赤土流出は続いている。その主因は流出土砂に沈殿除去が困難な微細土粒子が多く含まれることである。さらに化学肥料成分を含む赤土濁水の微細土粒子は沈降に数日を要するなど特徴的な沈殿現象を示す。そのため大規模な沈砂池を築造しても微細土粒子の沈殿効果は小さく、沈砂池の効果は低い。

このように、圃場外へ流出した微細土粒子の捕獲は困難であるため、畑地の地表面排水を圃場外へ流出させないことが微細土粒子

の水域への流出を防止する抜本的対策となる。地表面排水の圃場外流出を抑制する方法としては、暗渠や湛水可能な圃場形態が考えられる。しかし、国頭マージは透水性が悪く、また土壌の分散性が高いためクラストが形成され易い。その結果、地表面排水の土壌浸透が阻害されるため、暗渠で処理することは困難である。一方、圃場湛水は営農や湿害の問題があり現実的ではない。また、既往の対策はいずれも地表面排水の圃場外流出抑制を狙ったものではない。このように、赤土流出問題を抜本的に解決するために重要である地表面排水の圃場外流出抑制を目的とした対策はいまだに開発されていない。

このような現状を鑑み、申請者らは、畑地の地表面排水を浸透トレンチに集水し、浸透トレンチ内部での浸透排水あるいは暗渠排水によって地表面排水を地中処理し、地表面排水の圃場外流出を抑制する手法を開発してきた。本手法の対策原理からすれば、地表面排水に含まれる微細土粒子の圃場外流出を抑制することができる。加えて、赤土とともに流出する栄養塩の主な形態は懸濁態であり、懸濁態栄養塩の流出抑制も期待できる。

この対策手法は、圃場に掘った溝にウッドチップ（風倒木や建設廃木材を粉砕したもの）を充填して浸透トレンチとし、そこに地表面排水を流し込んで地中処理する方法である。これまでの研究成果として、日雨量20～30mm程度の降雨に伴う地表面排水を処理できることを明らかにした。さらに、浸透トレンチ内部に暗渠を設置した場合、日雨量100mm以上の降雨でも地表面排水の処理が可能であった。加えて、ウッドチップを充填した浸透トレンチの濾過作用によって暗渠排水の土砂濃度を従来の1/50～1/100程度まで低減できた。また、作物栽培や営農を伴わず、比較的透水性の良い野外裸地試験地を用いた調査の結果、圃場外へ流出する地表面排水量と土砂量の削減率の平均値はそれぞれ59%と95%であった。このことから、ウッドチップを充填した浸透トレンチは地表面排水や土砂の圃場外流出抑制効果が高く、赤土流出抑制対策として有望なことを確認できた。

しかし、本手法には以下に挙げる課題が残されている。単位集水面積あたりの浸透トレンチ容量を決定するため、浸透トレンチの貯水機能と排水機能を明らかにして両者の関係を把握しなければならない。その他、地表面排水を浸透トレンチで処理する際に発生する浸透トレンチ内部の貯水による作物への影響（湿害など）、浸透トレンチの透水性や濾過作用などの機能維持、耕耘や収穫といった機械作業や営農の支障にならない浸透トレンチの配置などの課題が挙げられる。ウッドチップを充填した浸透トレンチの実用化に向けてこれらの課題を解決することが

重要である。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究ではこれまでの研究成果を発展させてウッドチップを充填した浸透トレンチを実用化することを念頭に、次の5項目を具体的な目的とする。

- (1) 土粒子の圃場外流出抑制効果を検証する。
- (2) 貯水機能と排水機能を解明し、またこれらの機能の関係に基づいた最適サイズを決定する。
- (3) 浸透トレンチ周辺の水分子動態を解析し、浸透トレンチの貯水が作物に与える影響を検討する。
- (4) 浸透トレンチの配置には様々な形態が考えられる。対策効果を維持しつつ、耕耘や収穫の支障にならない浸透トレンチの最適な配置を検討する。
- (5) 浸透トレンチの透水性や濾過作用などの機能維持についてはさらに長期間にわたる検証が必要になると予想されるため、浸透トレンチの機能維持に関してはデータを蓄積することを主な目的とする。ただし、これまでに蓄積したデータと合わせて機能維持に関する検討を加える。

3. 研究の方法

琉球大学農学部亜熱帯フィールド科学教育研究センターに造成した実験圃場を自然降雨下に供試する。実験圃場外に流出する土量などを浸透トレンチを設置しない非対策区と設置する対策区とで比較して浸透トレンチの対策効果を調べるとともに、浸透トレンチのUSLE保全係数を算出して対策効果を客観的に評価する。浸透トレンチ内の貯水位データを解析して貯水機能、排水機能および貯水が作物に与える影響を調べる。さらに、対策区の外観の経過観察などによって浸透トレンチの配置形態および維持管理を検討する。以下、実験方法の詳細を説明する。

(1) 実験圃場および実験条件

実験圃場とその実験条件は図1に示すとおりである。土壌は島尻マージである。浸透トレンチの容量は30cm区が0.3m³、60cm区が0.6m³、90cm区が0.9m³である。また、30cm×3個区と45cm×2個区では総容量で0.9m³である。浸透トレンチが土壌と接触している浸透面の総面積は30cm区が2.9m²、60cm区が3.8m²、90cm区が4.7m²である。また、30cm×3個区では3個の合計で8.7m²、45cm×2個区では2個の合計で6.7m²である。各対策区の各浸透トレンチに以下の名称をつける。30cm×3個区では上流側から順に30-1、30-2および30-3、45cm×2個区では上流側から45-1と45-2である。また、30cm区、

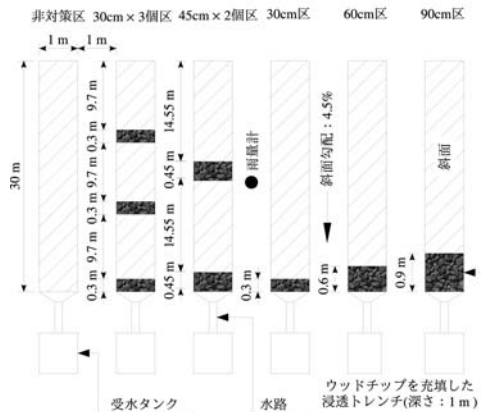


図1: 実験圃場と実験条件

60cm区および90cm区についてはそれぞれ30-0, 60-0および90-0である。実験圃場を一樣に耕作した後、自然降雨下に供試する。

(2) ウッドチップ

浸透トレンチの充填材料には市販のウッドチップ(図2)を使用する。このウッドチップは廃木材から作られており、エコロジカルな材料である。図2に見るように、ウッドチップは不定形であり、さまざまな大きさをしている。ふるい分析の結果、使用するウッドチップの大きさは0.85mmから26.5mmの範囲に分布し、4.75mm から16mmまでのおよそ中礫分に相当する大きさのウッドチップが約83%を占めた。ウッドチップをバケツ一杯に充填して注水し、その注水量からウッドチップの充填空隙率を調べると54.9%であった。したがって、ウッドチップを充填した浸透トレンチでは、浸透トレンチ容量の約55%は空隙である。



図2: ウッドチップ

(3) 流出水量と流出土量の測定

降雨時、実験圃場に発生する地表濁水は浸透トレンチによる一時的な貯留と浸透で処理される。一方、例えば浸透トレンチ内部の貯留水位がウッドチップの充填表面に達する場合のように、浸透トレンチを越流して実験圃場外へ流出する成分も存在する。本研究では、浸透トレンチを越流して実験圃場外に出てくる地表濁水を「流出水」、流出水に含まれる土を「流出土」と定義する。降雨後、受水タンクに回収される流出水の水深を測定する。流出水の水深に受水タンク底面積を乗じて得られる体積を流出水量(単位:L)とする。受水タンクに回収される流出土の110°Cでの炉乾燥質量を流出土量(単位:kg)とする。

(4) 浸透トレンチの貯水位測定

浸透トレンチの貯水状況を把握して貯水機能、排水機能および貯水が作物に与える影響を調べるため、水圧式水位計(Onset Computer社製, HOB0 U20-001-04)を用いて浸透トレンチ内の貯水位を5分間隔で連続計測する。貯水位の基準高は浸透トレンチ下流端のウッドチップ充填表面である。

(5) 外観観察

時間経過に伴う浸透トレンチ地表面の状態変化を観察して浸透トレンチ地表面への土砂堆積の進行状況を調べ、浸透トレンチの配置形態および維持管理を検討する。

4. 研究成果

(1) 実験期間および実験対象降雨

実験期間は第1期が2009年12月から2010年2月まで、第2期が2010年5月から2010年7月まで、第3期が2011年3月から2012年3月までであった。実験期間を第1期、第2期および第3期に分けたのは、実験の進行とともに浸透トレンチ内部に貯留される土砂を除去するため、新しいウッドチップに入れ替えたからである。

実験期間中、数多くの降雨を観測したが、対策効果の解析には第1期と第2期の降雨で得たデータを主に用いた。貯水位の解析には第3期の降雨で得たデータを用いた。

(2) 対策効果

図3は流出土量の代表的な結果である。図4は流出水削減率と流出土削減率の関係である。

① 浸透トレンチの効果は高い

図3より、対策区の流出土量は非対策区より少なくなった。流出水量についても同様の結果であった。浸透トレンチによって地表濁水の実験圃場外への流出が抑制されることによって流出土量が減少するといえる。

図4に示すように、流出土削減率は70%以上となり、高い対策効果が認められた。

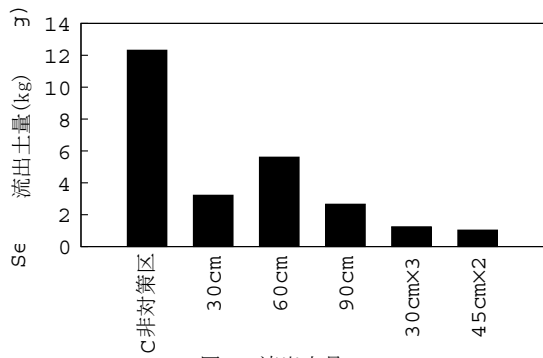


図3: 流出土量

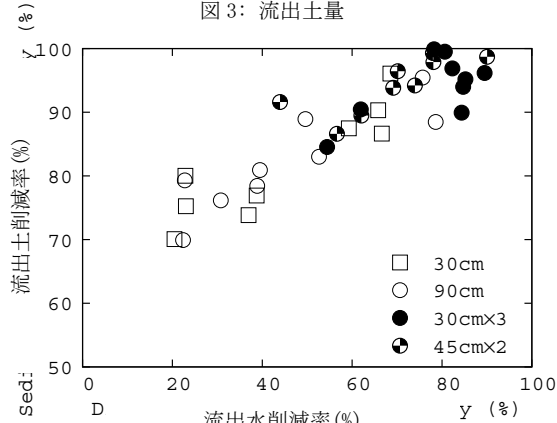


図4: 流出水削減率と流出土削減率の関係

②容量は大きい方がよい

30cm区と90cm区の流出土量を比較すると90cm区のほうが少なくなった。浸透トレンチの容量が大きいほど空隙量と地下の浸透面積が大きいので、90cm区の貯留機能と浸透機能がより優れたためと考えられる。浸透トレンチの容量は大きい方がよいといえる。

③圃場長が短くなる分散配置の方が効果大

対策区の単独配置と分散配置を比較すると、分散配置した30cm×3個区と45cm×2個区の流出土量は単独配置より少なかった。分散配置にすると圃場長が短くなるため、土壌侵食量そのものが抑制されるためと考えられる。

④地表濁水の削減が重要

図4より、流出水削減率と流出土削減率には有意な相関関係が認められ、流出水削減率が増加すると流出土削減率も増加することがわかる。仮に地表濁水の圃場外への流出量を半分減らすことができたならば、流出土量を80%削減できることになる。このことから、赤土流出防止においては地表濁水を削減することが重要であり、浸透トレンチが合理的な対策手法であることがよくわかる。

なお、図4は流出水削減率から流出土削減率を予測できることを示しており、対策効果の事前評価に役立つ結果である。

⑤USLE 保全係数の値が小さい

対策区のUSLE 保全係数は $P=0.1\sim 0.3$ であった。とくに、分散配置した対策区では $P=0.1$ 付近となり、従来の対策である全面マルチとほぼ同じであった。浸透トレンチのUSLE 保全係数は赤土流出防止対策としては比較的小さい値であるといえる。USLEでは、その保全係数が小さいほど土壌流出対策効果が高いことを示しており、ウッドチップを充填した浸透トレンチが効果的な対策であることがよくわかる。

(3)貯水機能と排水機能および最適サイズ

①貯水機能と排水機能は高い

第3期には、USLEの定義による浸食性の一連降雨が33個発生した。そのうち貯水位が浸透トレンチの地表面より高くなって越流状態が生じたのは、90cm区の場合、8個の降雨だけであった。これら8個の降雨の総雨量は57.0~471.5mm、15分間雨量は7.0~18.0mm/15minであり、比較的規模の大きな降雨の場合にだけ浸透トレンチの越流が生じていた。このことから、多くの場合、浸透トレンチの貯水機能と排水機能により地表濁水の圃場外流出は抑制されたことがわかる。第3期には流出土量を測定しなかったため明確には言えないが、図4の結果を考慮すると流出土も相当量削減されたと考えられる。

図5は貯水位の経時変化の代表的な結果である。浸透トレンチの貯水位は雨量に応じて変化する。降雨強度が大きくなったピーク時に貯水位がゼロより大きくなって越流状態が発生している。降雨強度が小さくなると貯水位はただちに低下し、半日程度で-0.6m付近まで低下する。サトウキビの作土厚は60cmとされていることから、浸透トレンチの排水機能は十分なものであると考えられる。降雨開始から降雨ピークまでのだらだらと続く降雨に対して貯水位が変化していないことから、このような降雨に対しては貯水と排水がよく機能しているといえ、流出土の削減効果は高いと考えられる。

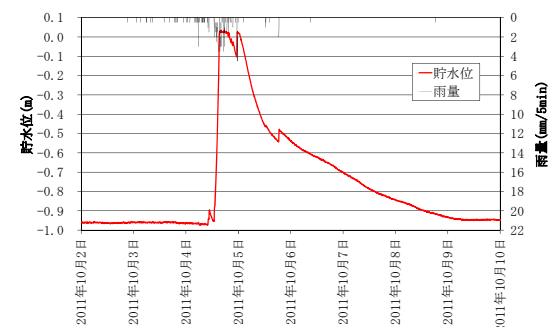


図5: 貯水位の経時変化

②実験条件下では深さ 1m 程度がよい

以下の(4)と(5)も考慮すると、実験条件下では深さ 1m で十分といえる。幅はなるべく広い方がよいが、畑の通常の利用状況を考慮すると幅 1m くらいでよいと考えられる。

(4)作物への影響

図 5 に示した貯水位の経時変化より、浸透トレンチには降雨の最中にだけ貯水が存在する。降雨前はもちろん、降雨後の貯水はあっても作土層より低いいため、以下で説明する最適な配置形態も考慮すると、貯水が作物に与える影響はほとんどないと考えられる。

(5)配置形態と維持管理

図 6 は浸透トレンチ外観の経過観察結果である。梅雨時期の 1 カ月で浸透トレンチの地表面には土砂が堆積してしまっている。図 6 に示されるような外観の経過観察から最適配置と維持管理について考察した。

①下流末端部に大容量で設置するのがよい

30cm 区は幅が狭いため一雨でも土砂が下流端側に到達してしまう状況が明らかになった。これに対し 90cm 区は幅が広いいため、土砂が下流端に達するのに相当の日数を要する。このことから、分散配置の 30cm×3 個区は単独配置の 90cm 区より対策効果は高いが、機能を維持しにくく、堆積土砂を除去する維持管理が頻繁になる。また、圃場内部にも設置するため、農作業をしにくくなる。以上のことから、圃場の下流末端部にのみ設置するのが最適な配置形態であるといえる。

ただし、対策効果を確保するため大容量にしなければならない。通常、圃場末端部は人の歩行や農業機械の乗り入れに使われるような場所であるため、そこでは作物を栽培しない。ウッドチップを充填した浸透トレンチの地表面は沈下しにくく、人の歩行や機械の乗り入れに影響しない。したがって、圃場末端部に大容量の浸透トレンチを設置しても、営農に影響しないと考えられる。

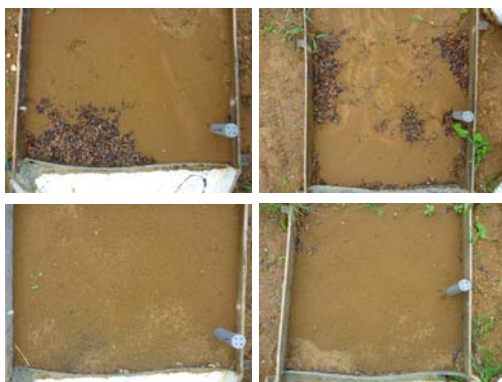


図 6: 経過観察結果(上左:30cm の初期, 上右:90cm の初期, 下左:30cm の 1 か月後, 下右:90cm の 1 か月後)

②機能維持にはフィルター併用型がよい

ウッドチップを更新するために掘り起こしたときの内部の状況から、図 6 下段のような状態であっても浸透トレンチ内部には十分な空隙が残されていることがわかった。したがって、浸透トレンチの地表面への土砂堆積を抑制することによって長期間の機能を期待できる。

浸透トレンチの直上流部にススキ束を利用したフィルターを設置して、土砂堆積の進行状況を調べた様子を図 7 に示した。図 7 より、フィルター設置によって浸透トレンチの地表面の土砂堆積が抑制されていることがわかる。フィルターによって地表面が目詰まりしないため、貯留機能が効率よく働くと考えられる。



図 7: フィルターによる土砂堆積進行の違い

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- (1) 仲村渠将・吉永安俊・酒井一人・赤嶺光, ウッドチップを充填した浸透トレンチによる赤土等流出防止対策—対策効果に影響を与える要因と対策効果の客観的評価—, 日本雨水資源化システム学会誌, 査読有, 1 巻 2 号, 2012, pp. 51-56.

[学会発表] (計 3 件)

- (1) 吉永安俊・仲村渠将・酒井一人, ウッドチップを充填した浸透トレンチの浸透に影響を与える要因, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011 年 9 月 7 日, 九州大学.
- (2) 吉永安俊・酒井一人・仲村渠将, ウッドチップを充填した浸透トレンチの赤土流出防止効果, 第 18 回日本雨水資源化システム学会研究発表会, 2010 年 11 月 5 日, 岐阜市.
- (3) 吉永安俊・仲村渠将・酒井一人・増渕実穂, ウッドチップを充填した浸透トレンチの赤土流出防止対策効果, 平成 22 年度農業農村工学会大会講演会, 2010 年 9 月

2日, 神戸大学.

[その他]

ホームページ等

<http://www.agr.u-ryukyuu.ac.jp/wp/risui>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉永 安俊 (YOSHINAGA ANSHUN)

琉球大学・農学部・教授

研究者番号: 80045129

(2) 研究分担者

酒井 一人 (SAKAI KAZUHITO)

琉球大学・農学部・教授

研究者番号: 10253949

仲村渠 将 (NAKANDAKARI TAMOTSU)

琉球大学・農学部・助教

研究者番号: 70537555

赤嶺 光 (AKAMINE HIKARU)

琉球大学・農学部・准教授

研究者番号: 90244293

(3) 連携研究者

()

研究者番号: