

## 37 耕作ステージにおけるパイナップルの被覆、圃場土質強度の経時変化と赤土砂生産特性

○建設省砂防課（前建設省土木研究所）南哲行、建設省土木研究所 山田孝  
八千代エンジニアリング株式会社 溝口昌晴、日本工営株式会社中央研究所 下村幸男

### 1. はじめに

沖縄本島を始めとする南西諸島において、現在深刻な問題となっている山地からの赤土砂流出の主要な原因として、流域内の多くの面積を占めるパイナップル圃場（例えば沖縄県国頭郡東村サーン川流域では約 23%）での侵食があげられる。現地観測のデータによるものではないが、圃場の耕作ステージ（天地返し⇒鋤き込み⇒植え付け⇒育成（1年ごとに収穫）の一サイクルが概ね4年）の初期にあたる圃場を漑き込んだ直後やパイナップルを植え付けた直後に降雨があると赤土砂の流出がかなり目立つこと、パイナップルの植え付けから3~4年経過した圃場からは赤土砂はそれほど流出していないこと、が現地で指摘されている。ただし、その実態については、圃場の耕作ステージという視点から詳細に調査された事例がないため定量的には明らかにされていない。また、耕作ステージに伴って赤土砂の流出が変化する理由として、パイナップルの成長に伴う地表面被覆率の増大による雨滴侵食の軽減、地表面土質強度の変化等が考えられるが、これらについても定量的な情報は少ない。

筆者らは、赤土砂問題を軽減するためには、耕作ステージを異にする様々な圃場の空間分布を考慮した流域での赤土砂流出予測手法ならびに効果的かつ経済的な赤土砂生産抑制工法を開発する事が重要であり、そのためには、パイナップルの成長に伴う地表面被覆率の増大、地表面土質強度の変化等が赤土砂の生産に影響をあたえる影響を明らかにする必要があると考えている。本研究では沖縄県東村のサーン川、平良川の流域上流部の圃場を対象として、耕作ステージの異なる圃場での侵食形態、侵食量、ならびにその変化を現地調査によって明らかにした。また、これらの圃場から土質試料を採取して試験を行い、圃場の耕作ステージに伴う土質強度変化を明らかにした。

### 2. 侵食形態、侵食量の変化

サーン川流域、平良川流域において、植え付け時からの経過時間が異なる3つのパイナップルを列状に植え付けた圃場を選定し、これらの圃場での雨滴による累計の表面侵食量（圃場全面）、列間の累計のリル侵食量、圃場末端部の急崖斜面付近での累計のガリ侵食量を平成11年4月と平成12年2月の2回にわたり計測した。雨滴による表面侵食量は、小石をのせた土柱（ケスタ地形のようなもの）が多く形成されている実態を踏まえ、小石とその周りの侵食区域との比高を侵食された深さとみなし、「平均土柱高さ×圃場面積」により算出した。リル侵食量は、列間の表面流によって形成された小規模な雨裂あるいは連続的な凹部（地表面の勾配と同程度）において、「平均的な断面積×長さ」によって算出した。ガリ侵食量については、ガリ区間を圃場末端部急崖斜面とその上部の縦断形から、勾配が地表面の勾配（概ね3%）よりも急となる地点から圃場末端部まで区間における雨裂とみなし、ガリの縦横断測量から平均断面法により算出した。図-1(1)にこれらの圃場での植え付け開始からの期間と侵食形態別の累計侵食量、図-1(2)に植え付け開始からの累計雨量と侵食形態別の累計侵食量、を示す。

①表面侵食は植え付け後約3ヶ月程度までにおいて急激に行われる。圃場100m<sup>2</sup>あたりの累計侵食量は3ヶ月で1.7m<sup>3</sup>であり、それまでの累計雨量は約500mmである。また、植え付け後6ヶ月程度までにおいて他の侵食形態よりもはるかに卓越している。圃場100m<sup>2</sup>あたりの累計侵食は6ヶ月で2.0m<sup>3</sup>、それまでの累計降雨は約1300mmである。表面侵食量は植え付け後6ヶ月以降はほとんど増加していない。

②リル侵食は植え付け開始後約6ヶ月程度まではほとんど発生していない。どの程度の時期からリル侵食が発生するかは現時点では不明である。16~30ヶ月において大きく発達していることがわかる。植え付け後30ヶ月までの圃場100m<sup>2</sup>あたりの累計侵食量は約6m<sup>3</sup>、それまでの累積雨量は約6700mmである。

③ガリ侵食はリルが大きく発達するようになってから生じている。発生初期（16~20ヶ月）はリル侵食と同じ程

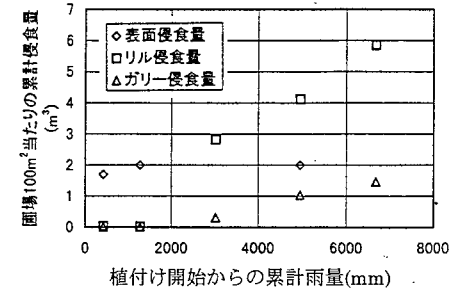
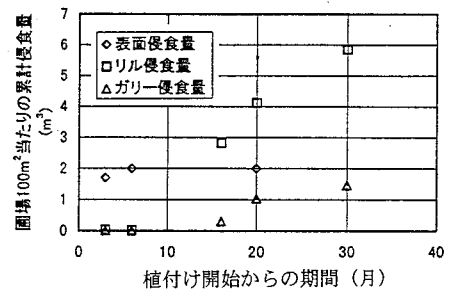


図-1(1) 植え付け開始から期間と累計侵食量（上図）  
図-2(2) 植え付け開始からの累計雨量と累計侵食量（下図）

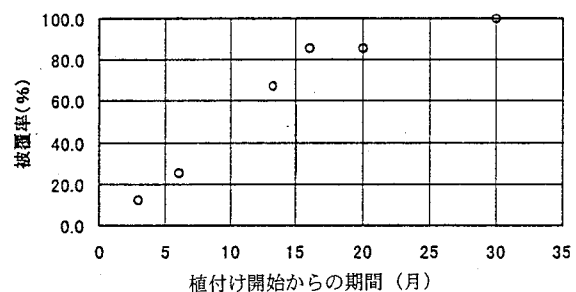


図-2 植え付け開始からの期間とパイナップルの葉の被覆率との関係

度大きく侵食されるが、その後（20～30ヶ月）の侵食速度は約半減している。

### 3. パイナップルの葉の被覆率増大と雨滴侵食可能区域の縮小

パイナップルの葉（地表面に堆積したパイナップルの枯葉も含む）の地表面被覆率は、圃場表面をパイナップル株の根付け部分と列間部分を含むようにデジタルカメラで撮影し、地表面が葉で覆われている範囲のピクセル数を求め、それを全ピクセル数で除することによって算出した。図-2に植付け開始からの期間とパイナップルの葉の被覆率の関係を示す。3ヶ月までは約10%（侵食可能区域：90%）、6ヶ月までは25%（侵食可能区域：75%）と低いが、13ヶ月では66%（侵食可能区域：34%）、16ヶ月では約85%（侵食可能区域：15%）、30ヶ月で被覆率はほぼ100%（侵食可能区域：0%）に達する。

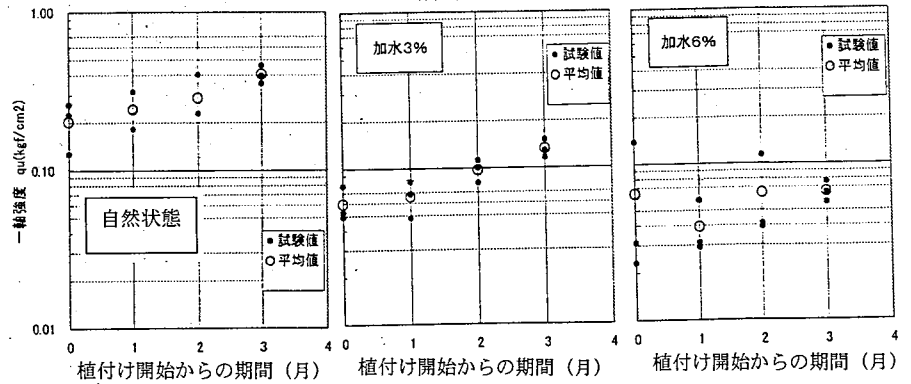


図-3 含水比の増加に伴う一軸強度の変化

4. 耕作ステージに伴う赤土砂生産特性

表面侵食が植付け後6ヶ月程度までは継続する主な理由として、この間はパイナップルの葉の被覆率が低く（6ヶ月時点で約25%）侵食可能区域が大きいことが考えられる。また、この間リルがほとんど生じていない理由としては筆者らが平成11年に行った人工降雨実験を基に以下のように考えることが出来る。即ち、「植付け直後は鋤き込み当時の地表面の凹凸（最大比高差：約5cm程度）が存在しその後の降雨によって凸部が徐々に侵食されて凹部に赤土砂と水が溜まる⇒凹部に溜まった水の水位が増加し越流を開始する⇒様々な凹部から越流した表面流同士が合流しあい圃場全面に渡って網状流路を形成⇒次第に大きな流れとなり主要な表面流の流れのルート（リルへと発達）が形成される」といったプロセスを経るまでにある程度の時間を要することが考えられる。ただし、実際の圃場においてリルへと発達する主要な表面流がその流れの経路を形成するまでに6ヶ月程度を要するかは確認されておらず、現在、筆者らが実施している現地圃場での観測結果を待たねばならない。ちなみに、筆者らの人工降雨実験によれば、表面侵食によって下流に運ばれる赤土砂は、表面流の掃流力によって侵食されたものというよりも、地表面凸部の急勾配斜面に雨滴が衝突して土粒子が飛散し、それが凹部へ流入し沈降する前に、凹部での水位上昇・越流によって、凹部外に移動し、網状流路内を運搬されているものと観察された。

### 4. 耕作ステージに伴う赤土砂生産特性

16～30ヶ月においてリルが急激に発達しているのは、パイナップルの被覆率の増大（85～100%）によって侵食可能区域が狭くなり、そこでの表面流の水深が増加して掃流力が大きくなったためと考えられる。

5. 地表面土質特性の変化

### 5. 地表面土質特性の変化

古島川上流域の耕作ステージを異にする4つの圃場（天地返し直後、植付けから1年、2年、3年）から地表面近傍の不攪乱試料を採取し、各種の物性試験、含水比を変化させた一軸試験を行い、耕作ステージに伴うそれらの変化を調べた。今回の試料は、国頭マージの中でも粗粒側に分類される。

- ①土粒子の密度、粒度組成、自然状態における細粒分（420 $\mu$ m以下）の液性・塑性特性は耕作ステージが異なっても明らかな違いは認められない。
- ②植付け後の経過年数に伴って、含水比、間隙比は漸減し、乾燥密度および飽和度は漸増している。
- ③自然含水比（飽和度：70%前後）状態では植付け後の経過年数に伴って一軸強度は指数関数的に高くなる。
- ④含水比の増加に伴って一軸強度は指数関数的に低下する。自然含水比+3%（飽和度：80%）で自然状態の強度の20～30%程度に急減し、自然含水比+6%（飽和度：90%）では一軸強度の違いはあまり見られない（図-3）。

②、③の理由としては、植付け後の経過年数が多い試料は地表面近傍が降雨による水締め作用と農作業による歩行転圧により締め固められていることによるものと考えられる。また、現時点では今回得られた土質強度と雨滴侵食エネルギーならびに表面流の掃流力との関係が未知であるためこれ以上の議論はできないが、梅雨期の長雨や台風によって飽和度が90%以上となった状態では、圃場の耕作ステージの変化に伴う土質強度の変化はそれ程考慮しなくてもよいと考えられる。

### 6. おわりに

水理量と侵食量との関係、侵食限界と土質強度との関係を、現地観測、実験によって明らかにすること、より適切な土質強度の測定方法を開発することが次の課題として残されている。現地調査にあたりご協力賜りました沖縄総合事務局河川課の関係各位に深謝の意を表します。