

濁度を指標とした赤土の沈降特性の評価と考察

九州大学大学院 学○後藤寛斉 F 安福規之 正 石蔵良平  
 碧コンサルタント 藤田智康 玉城重則

1. はじめに

沖縄地方では、降雨時の畑地の土壌浸食に起因した水環境の汚濁を防ぐため赤土流出防止対策が実施されている<sup>1)</sup>。対策方法は農家による営農的対策と、行政による土木的対策に大別される。これまでは営農的対策が主に行われてきたため、我々も営農的対策の効率化に力を注いできた。しかし、営農的対策は農家の協力が必要不可欠な方法であり、農家の経済状態に大きく左右されるため、広く浸透していない現状がある。そこで、行政が主体となっている、土木的対策を効率化させることで、今後の沖縄県の赤土流出量を、より軽減することができるのではないかと考える。本研究では、その中でも課題が多いとされている、沈砂池に焦点を当てている。

沈砂池は重力を利用した固液分離を実現する沈降分離装置である。沈砂池の設計には、土地改良事業等における赤土等流出防止対策設計指針<sup>2)</sup>が用いられており、その沈砂すべき最小粒子の粒径は0.2mmとされている。しかし、図4に沖縄に存在する国頭マージの粒径加積曲線を示すが、0.2mm以下の粒子が約半分以上存在することがわかった。この結果からも、沈砂池の赤土回収量増加が必要不可欠であることが伺える。

しかし現在、沈砂池効率化に関する文献は少なく、効率化させる具体的な方法が確立されていない。そこで、現状考えられる方法として、沈降する土粒子そのものを凝集させ、沈降速度を速めるという方法について、静水条件下における、赤土に効果的な凝集剤の効果の比較検討を行い、最も効果的に沈降する凝集剤の最適量を模索した。また、赤土の粒径に着目して沈降挙動を把握するため、濁度測定と濃度測定による、赤土の粒径と濁度と濃度の相関関係について考察した。

2. 実験方法

2.1 沈降試験

赤土の沈降挙動把握のために、静水条件下における沈降試験を行った。具体的には、500mlのシリンダーに国頭マージ10gを投入・攪拌し、経過時間毎のシリンダーの上澄み液の濁度測定を行い、赤土の沈降挙動について観察した。また、土粒子のフロック形成を促すために、浄水施設に主に用いられているPAC(ポリ塩化アルミニウム)と、天然由来成分を主成分としている、キトサン凝集剤(かに・えびの甲殻)<sup>3)</sup>や火山灰凝集剤<sup>4)</sup>を用いて赤土の沈降の変化について観察した。今回、天然由来の凝集剤を用いた理由は、凝集沈殿後の赤土の畑地への再利用が理想であると考えているためである。

図5はそれぞれの凝集剤を用いた実験結果である。この結果から、凝集剤の凝集効果は、約1時間程度でなくなるのがわかった。また、火山灰凝集剤、キトサン凝集剤、PACの順で赤土に効果があるということ、そして、

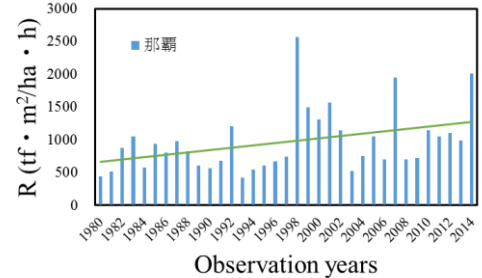


図1 那覇市の降雨係数の推移

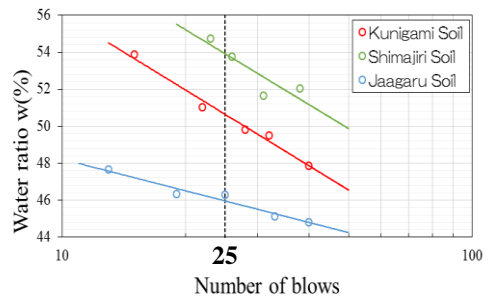


図2 液性限界試験

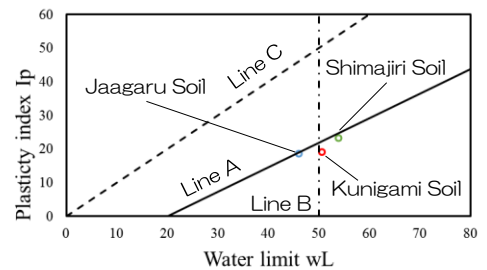


図3 塑性図による赤土の力学的性質

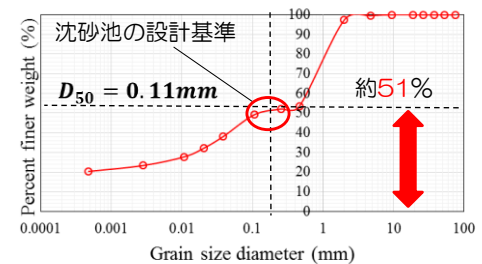


図4 国頭マージの粒度分布

それぞれの凝集剤によって最適量が存在することが伺える。また、PAC であれば濁度が 500~700 (NTU) の間、キトサン凝集剤では 200~400 (NTU) の間で著しく増減している。これは微細な土粒子が水中でブラウン運動を起こしているからであると考えられる。ブラウン運動とは、熱運動によって生じる運動であり、小さな粒子ほど速く運動することがわかっている。その特徴として、粒径が約 0.1 μm 以下では、粒子のブラウン運動による拡散が主となり、約 0.3 μm 以上の粒子ではブラウン運動に代わって重力沈降及び粒子の慣性による移動が主となる<sup>5)</sup>。

**2.2 濁度と濃度・粒径の相関**

濁度の要因に大きく起因していると考えられる、土粒子の濃度・粒径と濁度の関係について調べた。土粒子の濃度と濁度との相関については、無作為に赤土のサンプルを抽出し、その濁度を測定後、炉乾燥機で乾燥させ、その濁度における赤土の混合割合を調べた。また、濁度と粒径の相関については、同量の赤土を含んだシリンダーを 2 本用意し、片方は通常の沈降分析を行い、もう片方からは浮標と同程度の深さあたりの濁度を測定することで、濁度と粒径の相関関係を調べた。粒径を求める式については、以下のストークスの式を用いて算出している。

$$\text{沈降速度} : W = \frac{(\rho_s - \rho_w)g}{18\mu} d^2 \dots (1)$$

式(1)中の値については、 $\rho_s$ は土粒子密度、 $\rho_w$ は水の密度、 $\mu$ は液体の粘性係数、 $d$ は土粒子の粒径を表している。この式を用いることで、浮標部分に存在する土粒子の最大粒径を算出することができる。図 6~8 に実験結果を載せるが、密度と粒径ともに濁度との相関があると考えられるため、赤土による濁水の濁度と密度を測定することで、その中に含まれる土粒子の最大粒径がある程度予測できることがわかった。また、図 6 の濁度と土粒子の濃度の関係については、今後もサンプルを増やしていくことで、より正確な相関関係のグラフが得られると考えられる。

**3. 結論**

- ✓ 赤土の沈降には、PAC やキトサン凝集剤を用いるより、火山灰凝集剤を用いることが効果的である。
- ✓ 濁度と濃度と粒径の間には密接な関係があり、濁度と濃度測定により、水中の粒径が予測できる。
- ✓ 沈砂池の設計にはストークスの式が用いられているが、ストークスの式は静置された状態の粒子の沈降速度を算出する計算式であるため、流水条件下においても同様の挙動を示すのか、実験的に調べる必要がある。

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 17K20140 の助成を受けて実施したものです。また、本研究に関わる実験器具については、全て中島通夫技官に作られたものです。関係者各位には深甚の謝意を表したい。

(参考文献) 1) 沖縄県農林水産部(2005):水質保全対策事業(耕土流出防止型)計画設計の手引き p.40 2) 沖縄県農林水産部(1995):土地改良事業における赤土防止対策指針,pp.32-34 3) 川又睦・大野剛・木元明日子・赤塚真依子・大脇英司:自然にやさしいキトサン凝集剤による濁水処理技術と脱水ケーキの有効利用技術の開発 4)和田信一郎・家長陽二郎・宮西賢一・高田史朗:風化火山灰を原料とした、低環境負荷・高性能凝集剤 5) 奥山喜久夫:流体流の微粒子の挙動 p.86

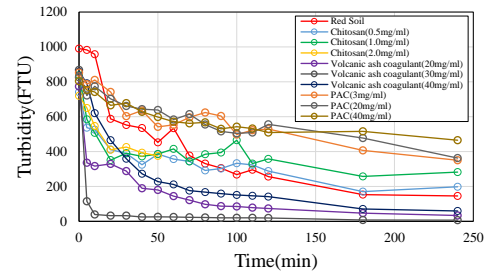


図 5 濁度の時間変化

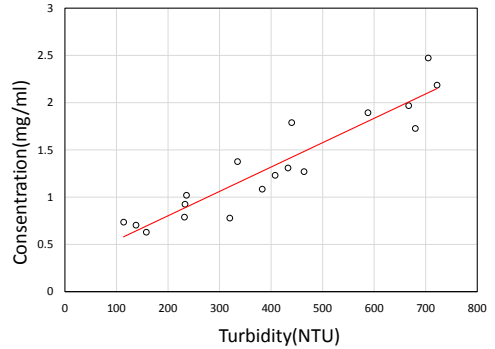


図 6 濁度と濃度の相関

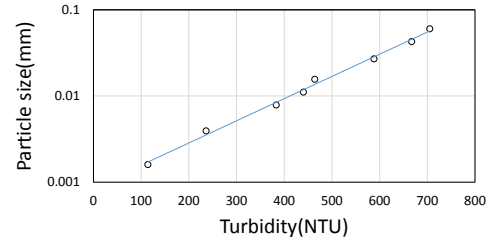


図 7 粒径と濁度の相関

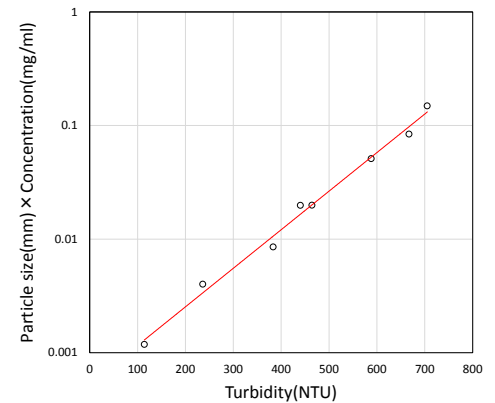


図 8 濁度と粒径・濃度の関係