

光の減衰特性を利用した沖縄県における 赤土等流出水の汚濁度測定法

大分工業高等専門学校 学生会員 ○安藤 りほ
大分工業高等専門学校 学生会員 河野 李奈
大分工業高等専門学校 正会員 前 稔文
大分工業高等専門学校 非会員 嶋田 浩和
大分工業高等専門学校 非会員 上野 崇寿

大分工業高等専門学校 学生会員 伊東雄一朗
大分工業高等専門学校 正会員 佐野 博昭
大分工業高等専門学校 非会員 高橋 徹
大分工業高等専門学校 非会員 PROCHAZKA Zdenek

1. まえがき

近年、国内において大雨による災害が激甚化している。中でも、沖縄県の赤土等流出問題は危機的な状況にあり、とくに農地からの赤土等流出が非常に深刻である。この赤土等流出により、河川や海水の汚濁、底質汚染が生じ、河川生物や沿岸海域のサンゴなどの生態系を破壊し、観光業や水産業に大きな被害をもたらしている。

現在、赤土等流出による汚濁度の程度を表す指標として、懸濁物質含量 (SPSS) ¹⁾をはじめとして、浮遊物質質量 (SS)、濁度、透視度などがあり、流出水の汚濁程度の評価は、主として浮遊物質質量 (SS) を用いて行われている。

しかしながら、これらの汚濁度は、自治体、民間企業、さらには研究者などによって測定されており、沖縄県民は降雨後の河川や海域が赤く濁っているのを見て赤土等の流出を実感していることになる。これでは、沖縄県民が赤土等流出の実態を正確に把握することは不可能であり、「汚れている」とか「非常に汚れている」という感覚的な評価に留まってしまうため、赤土等流出問題を沖縄県の環境問題として主体的に捉えることを阻害している要因の1つとなっている。

これより、赤土等流出問題を喫緊の環境問題として沖縄県民がより主体的に取り組むためには、汚濁度の測定を誰でも簡単に行うことができる方法を構築することが重要である。さらに、測定した汚濁度測定結果を専用サイトに投稿することによって住民参加型の赤土汚濁度監視網を構築することが可能となる。

伊原ら ^{2)~5)}、斉藤ら ⁶⁾は、デジタルカメラを用いた一連の実験を行うことによって土懸濁水のデジタル画像から濁度を測定する方法について検討を行っている。この内、文献2)では、簡易な装置を用いた実験結果から、光の減衰特性を利用してデジタル画像から懸濁水濁度の推定が可能であると報告している。

本研究では、最終的には、スマートフォンなどにより河川や海域表面を撮影した画像を基にして汚濁度を判定する手法を確立し、そのデータを集約して汚濁状況をリアルタイムで表示するシステムを構築すること

を目指している。

そこで、これまでの研究成果により、デジタルカメラを用いた光の減衰特性を利用した方法の有効性がある程度確認されていることから、本研究では、まずは基礎的なデータを得ることを目的として、デジタルカメラではなく、デジタルカラーセンサを用いて懸濁水の汚濁度を評価する方法を採用し、光の減衰特性を利用した測定法の可能性について検討を行ってみたいことにした。

2. 赤土等懸濁水の汚濁度測定実験の概要

(1)赤土等流出水の汚濁度測定実験に用いた試料

実験にあたっては、沖縄県うるま市石川地区から採取した国頭マーグ (土粒子の密度 $\rho_s=2.74\text{g/cm}^3$, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=8.5$, 電気伝導率 $\chi=19.1\text{mS/m}$) を用いた。汚濁度測定実験にあたっては、試料採取後、空気乾燥を施し、 $75\mu\text{m}$ ふるい通過分を用いることにした。

(2)赤土等懸濁水の汚濁度評価方法

文献2)によれば、懸濁水の汚濁度を評価する方法として、①光の減衰特性を用いる方法と②画像全体のパターンを用いる方法が紹介されている。この内、①光の減衰特性を用いる方法は、均質な物質中を透過する光の強度は、透過距離に応じて指数関数的に減衰するという光の性質を利用したものであり、距離に応じた輝度変化から減衰定数を求めるものである ²⁾。

本研究では、光源からの距離とデジタルカラーセンサにより測定された R (Red), G (Green), B (Blue) の3色成分それぞれの感度を求め、次式(1)の関係を求めるものである。

$$y = Ce^{\lambda L} \quad (1)$$

ここで、 y は単位時間当たりの R, G, B 値の感度、 L はメスシリンダー底面からの距離、 C は切片における感度、 λ は減衰定数をそれぞれ表す。

(3)赤土等懸濁水の汚濁度測定実験装置

写真-1 は、本研究で用いた汚濁度測定実験装置の概要を示す。汚濁度測定実験装置は、①容器架台、②光源、③懸濁水容器、④RGB センサ、⑤マイコン、⑥モニター、⑦キーボードから構成されている。

懸濁液の R (Red), G (Green), B (Blue) の3色成

分の感度の測定にあたっては、デジタルカラーセンサ（浜松ホトニクス（株）製，S11059-02DT，寸法：11.0×9.0mm，受光面寸法：0.54×1.1mm）を用い、これをシングルボードコンピュータ（RS コンポーネンツ（株）製，Raspberrypi3 ModelB RS 版）に取り込んで行った。ここで、デジタルカラーセンサは、青 B（460nm），緑 G（530nm），赤 R（615nm）の受光感度を有しており、検出結果は 16 ビットのデジタル値で出力される。

懸濁液を入れる容器は、標線なしのメスシリンダー（容量：1000mL）を用いた。なお、メスシリンダーの台座の部分の光の散乱を防ぐために、黒色の塗料を塗布した。

汚濁度測定実験の光源には「LED 電球，東芝ライテック（株）製，LDA9N-D-G，40 形相当，消費電力 8.8W，昼白色」を用いた。

3. 赤土等懸濁液を用いた光の減衰特性

図-1 は、懸濁液濃度 2000mg/L の場合のメスシリンダー底面からの距離 L と単位時間当たりの R 値との関係を示す。図より、メスシリンダー底面からの距離 L が長くなるにつれて単位時間当たりの R 値は指数関数的に減少していることがわかる。なお、他の懸濁液濃度や成分においてもほぼ同様の傾向が認められた。

図-2 は、懸濁液濃度 S_c と減衰定数 λ との関係を示す。図より、RGB の種類によらず、両者の間には相関係数 r が 0.955～0.985 と非常に相関性の高い直線関係が認められる。

このことは、濃度を求めたい懸濁液に対して、本研究と同様の方法により R 、 G 、 B 値を測定し、減衰定数 λ を求めることができれば、懸濁液濃度 S_c をある程度推定することが可能であることを示すものである。

なお、懸濁液濃度 S_c と切片における感度 C との間には明確な関係は認められなかった。

4. まとめ

本研究により、デジタルカラーセンサを用いることによって懸濁水の汚濁度を評価することが可能であることが明らかとなった。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、実験装置の作製に際して、大分工業高等専門学校 専攻科 電気電子情報工学専攻修了生・高橋昌士氏のご協力をいただいた。また、「全国 KOSEN 沖縄赤土等流出抑制技術研究会（会長：佐野博昭）」関係各位には貴重なご助言をいただいた。ここに、深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 大見謝辰夫：SPSS 測定法とその解説，沖縄県衛生環境研究所報，第 37 号，pp. 99-104，2003.
- 2) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：デジタル画像を利用した濁度測定法の検討，第 29 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，VII-36，pp. 884-885，2001.
- 3) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：デジタル画像を利用し



写真-1 本研究で用いた汚濁度測定実験装置の概要

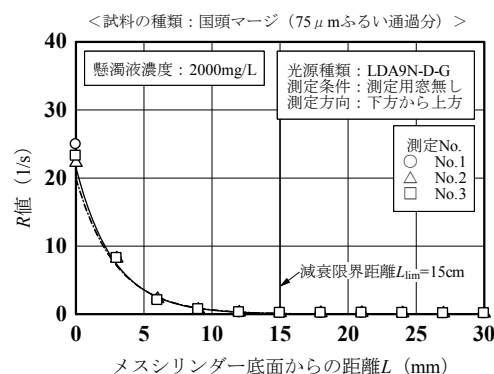


図-1 メスシリンダー底面からの距離と単位時間当たりの R 値との関係（懸濁液濃度：2000mg/L）

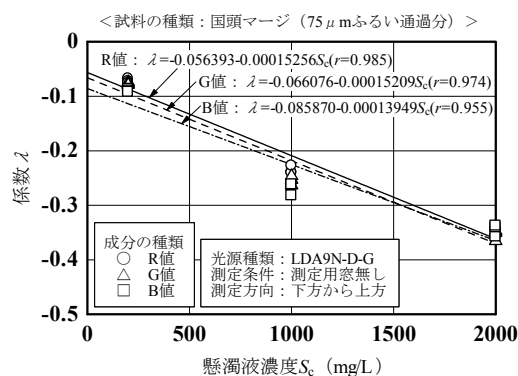


図-2 懸濁液濃度と減衰定数との関係

た濁度測定法の検討，第 4 回環境地盤工学シンポジウム講演概要集，pp. 95-100，2001.

- 4) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：デジタル画像を利用した濁度・SS 濃度測定法の検討，第 36 回地盤工学学会講演概要集，VII-36，pp. 2559-2560，2001.
- 5) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：沖縄県の赤土懸濁水の濁度と化学的性質について，第 56 回土木学会全国大会講演概要集，pp. 664-665，2001.
- 6) 斉藤和伸，山口晴幸，岩田道春，増永和弘：沖縄県における赤土汚染問題に関する研究，地球環境シンポジウム論文集，Vol.11，pp. 63-72，2003.