

スマートフォンにより撮影された沖縄県における赤土を含む 懸濁液の画像を用いた濃度変化の把握と濃度基準の設定の試み

前 稔文¹・佐野 博昭²・高橋 徹³・御手洗 良紀⁴・矢野 次郎⁵

¹都市・環境工学科, ²防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科, ³電気電子工学科,
⁴機械・環境システム工学専攻, ⁵熊本大学 工学部 土木建築工学科

本研究では、赤土を含む懸濁液の濃度と彩度の推移についてスマートフォンにより撮影された画像を用いて把握し、懸濁液の濃度の基準の設定を目指した。

その結果、彩度の大きな推移について把握し、懸濁液の濃度4.0g/Lを境に測定した彩度の推移は異なることがわかったが、カラーアナライザーによる実測値と異なる濃度も見られた。このことは、実験の環境下の違いから生じた結果と推察され、今回の実験が屋内の実験室で実施されたことから、撮影画像は蛍光灯の影響を受けている可能性が示唆された。懸濁液の濃度基準を設定するには、自然光を受けた状態に近い環境をつくることが求められる。

キーワード：赤土、懸濁液、デジタル画像、彩度、スペクトル分布

1. まえがき

近年、激しい降雨等によって激甚な災害が頻発しており、沖縄県における農地からの赤土等の流出も深刻な状況にある。赤土等の流出によって、河川や沿岸海域における生態系の破壊など、観光業や水産業にも大きな被害をもたらしている。

赤土等流出による汚濁度を表す指標には、懸濁物質含量 (SPSS)¹⁾をはじめとして、懸濁物質質量 (SS)、濁度、透度などがあり、流出水の汚濁程度の評価については、主として懸濁物質質量 (SS) を用いている。

懸濁水汚濁度の測定に関する研究として、伊原ら^{2)~5)}、斎藤ら⁶⁾は、デジタルカメラで撮影された画像から濁度を測定する方法について検討している。そのうち、文献2)では、光の減衰特性を利用することでデジタルカメラの画像から濁度の推定が可能になると報告している。

この赤土等流出の問題を沖縄県民が沖縄県の環境問題として主体的に取り組むためには、河川や沿岸海域の汚濁度を容易に測定できる方法の確立が必要であることから、これまでにスマートフォンで簡単に赤土等懸濁液の汚濁度を測定できるアプリケーションの開発^{7)~9)}に取り組んできた経緯がある。

さらに、著者らは、沖縄県内の各地域における汚濁度測定結果を専用サーバにアップロードできるようにし、沖縄県全域にわたった住民参加型の赤土等汚濁度監視網の構

築を最終的に目指している。

一連の研究では、スマートフォンのカメラで撮影した懸濁液の画像からHSV空間 (色相Hue, 彩度Saturation, 明度Value) の色情報を取得し、汚濁度の推定の可能性について検討してきた。具体的には、撮影した懸濁液の画像の彩度Sに着目し、赤土を含む懸濁液の濃度と共に彩度Sは高くなり、懸濁液のピクセルのほとんどが妥当な汚濁度に該当することが確認できた⁷⁾。

さらに、沖縄県内の沈砂池に滞留した赤土を含む水の画像を対象にシミュレーションしてみたところ、いずれの画像においても、1つか2つの汚濁度に多くのピクセルが分布しており、開発したアプリで懸濁水の汚濁度を推定できる可能性を示すことができた⁹⁾。

また、懸濁液の画像ごとに色相Hの5YR (色相H:18~54) に含まれるピクセルを対象に彩度Sと明度Vの分布性状を示したところ、汚濁度が高くなると彩度Sの範囲は広くなり、高彩度のピクセルも多く見られ、明度Vの範囲も広くなる傾向が見られる色彩特性があることが分かった⁸⁾。

しかし、これまでのシミュレーションは、著者が所有するスマートフォン (SH-02J, Android 7.0) による推定であり、他の機種による検討も必要である。また、これまでは、濃度が3.0g/L以下の懸濁液を扱ったが、実際に流出する県濁水には十数g/Lの赤土が含まれていることから、それ以上の濃度の懸濁液の色彩分析も必要である。

そこで、本研究では、濃度が3.0g/L以上の懸濁液も対象

として、複数の機種スマートフォンによるシミュレーションを実施し、懸濁液の濃度にもなる彩度Sの推移についてまとめた結果を報告する。その際、彩度Sの見直しも視野に入れ、色彩計を用いた実測との違い、懸濁液の背景の違い、および白色補正の有無による違いについても報告する。

2. スマートフォンで撮影した懸濁液の画像の彩度の決定方法

ここで、スマートフォンで撮影した赤土を含む懸濁液の画像の彩度Sの決定方法について述べる。

写真-1a)は、スマートフォンで撮影した赤土の濃度0.2g/Lの懸濁液の画像を示す。このようなビーカーに入れた懸濁液の画像に対して、文献8)の自作のソフトウェアを用いて、赤土が含まれる色相5YRにおけるピクセルを抽出する。写真-1b)は、画像内の色相5YRのピクセルのみを抽出したものである。

図-1は、写真-1b)の色相5YRのピクセルを彩度Sごとに数えたものである。また、図-2は、写真-1b)の彩度S-明度Vの分布性状を示す。この図から、彩度Sは0~50程度、明度Vは40~73の範囲で分布していることがわかる。このとき、図-1では彩度Sが26でピクセルが最多の37,471を数えていることから、この懸濁液の彩度Sを26とし、他の懸濁液についても同様の方法で彩度Sを決定することにした。

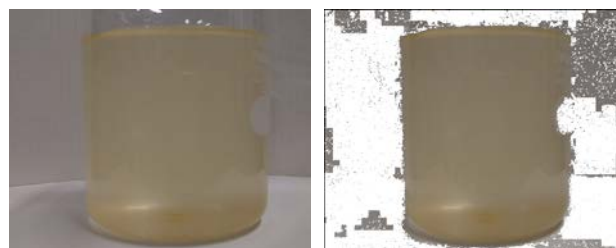
3. スマートフォンで撮影した懸濁液の画像の彩度測定

本研究で用いたスマートフォンは、iOSの機種としてiPhone X、Android OSの機種としてHuawei nova lite 3であり、また、色彩計としてカラーアナライザー ((株) 佐藤商事製, RGB-1002) を用いた測定も行った。

懸濁液の画像の彩度測定は、2020年7月22日14:00から17:00に大分工業高等専門学校地盤環境工学実験室で実施した。なお、当日の天気は曇り、気温25.4℃、湿度67.9%であり、ビーカー設置高さの照度は278.8lxであった。なお、実験室内に取り付けられている蛍光灯は、Panasonic製のFHF32EX-N-Hである。

シミュレーションには、濃度が0.0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0, 18.0g/Lの懸濁液を用いた。

画像の撮影においては、ビーカーおよびカメラの位置を固定し、カメラと被写体との距離を20cmとした。また、背景色による彩度Sへの影響もあると考え、黒と白の背景を用意し、撮影画像に白色補正を行えるように、カラーアナライザーに付属の白色構成カードも被写体として写る



a) 抽出前 b) 抽出後

写真-1 濃度0.2g/Lの懸濁液の画像における色相5YRのピクセルの抽出前と抽出後

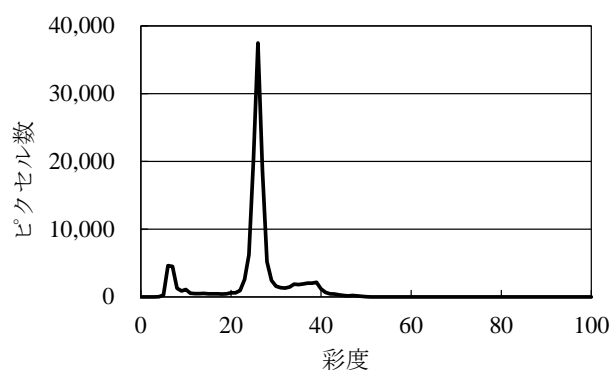


図-1 濃度0.2g/Lの懸濁液の画像における色相5YRのピクセルの彩度Sとピクセル数の関係

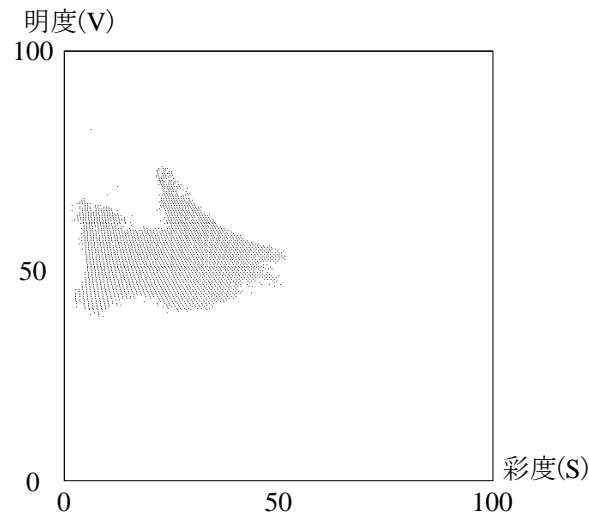


図-2 濃度0.2g/Lの懸濁液の画像における色相5YRのピクセルの彩度Sと明度Vの分布性状

ように撮影した。

図-3は、懸濁液の濃度と彩度Sの関係を示しており、a)は「背景黒、白色補正無」、b)は「背景黒、白色補正有」、c)は、「背景白、白色補正無」、d)は、「背景白、白色補正有」を示す。

なお、図中においてデータが欠落している箇所があるが、これは撮影画像においてビーカー周辺の他のピクセルを

数えたために、推移から大きく外れたことから、それらのデータは外れ値と見なして削除している。

いずれの図においても、懸濁液の濃度が高くなるにつれ、彩度Sも高くなる傾向にあることが確認できる。スマートフォンで撮影した画像の場合 (○および■), 彩度Sは2.0g/Lまでは急激に高くなり、それを超えると高止まりする傾向にある。また, Huawei (■) で撮影した画像の方が, iPhone (○) で撮影した画像よりも彩度Sは高い。

一方, カラーアナライザーで測定した彩度Sに着目すると, 濃度2.0g/L以下の懸濁液では上下の変動があるものの, 濃度が6.0g/Lまでは一定の上昇が認められる。しかし, それより濃度が高くなると, 彩度Sは緩やかに上昇し, 濃度が16.0g/Lになると変化はほとんど見られない。

スマートフォンで撮影した画像から求めた彩度と, カラーアナライザーにより測定した彩度とを比較すると, 濃度が4.0g/L以下の懸濁液においては両者の差は大きく, スマートフォンの方が高くなった。しかしながら, さらに濃度が高くなると, 図-3d) では, iPhoneで撮影し, 背景白で白色補正有の場合 (○), 濃度が4.0g/Lを超えるとカラーアナライザーの彩度Sよりも低くなった。

ここで, 懸濁液の背景の違いについて着目すると, 同図のa)とc)は, いずれも白色補正無しで, 背景色は黒および白で撮影した画像の彩度Sの推移を示すが, 両者に差はほとんど見られなかった。しかしながら, 背景色に黒を用いた方が, 両スマートフォンによる値の差は小さく, 機種による依存性は低いと考えられる。また, b)とd)は, 白色補正を施した場合の彩度Sの推移を示すが, 全体的に背景を白として撮影した画像の方が彩度Sは低い。

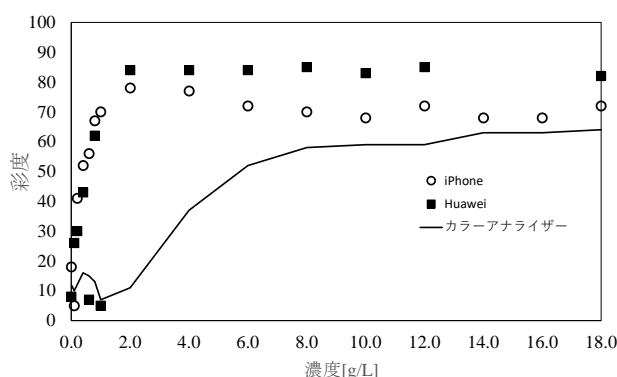
次に, 白色補正の有無について着目すると, 補正前の画像に関しては, 背景色に関係なく, 濃度2.0g/L以下の懸濁液において彩度Sの上下の変動が見られたが, 補正によりその変動は見られなくなった。また, 白色補正により彩度Sの値は全体的に低くなるが, 背景色が白の場合, 彩度Sの低下は顕著に表れた。

4. 懸濁液のスペクトル測定

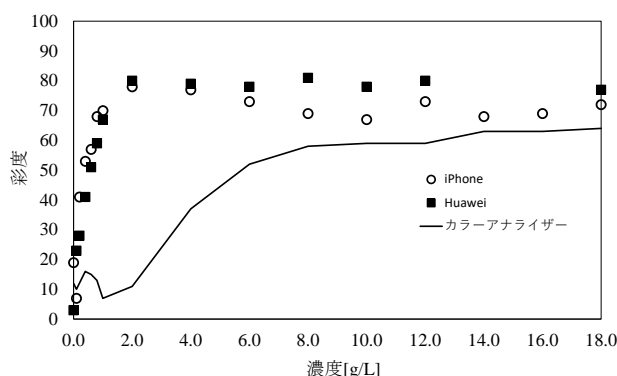
ここで, 懸濁液の散乱光の分光スペクトルが, 実際にどのように変化しているかを把握するために分光計 (URPtek製, MK350N PLUS) を用いてスペクトル測定を行った。なお, 測定は, 同日の屋外で行い, 懸濁液を攪拌した後, 5秒間静置してからビーカーのメモリ200mlの位置を測定した。

なお, 懸濁液の濃度は, カラーアナライザーとスマートフォンで撮影した画像の彩度Sの差が顕著であった4.0g/Lまでとした。

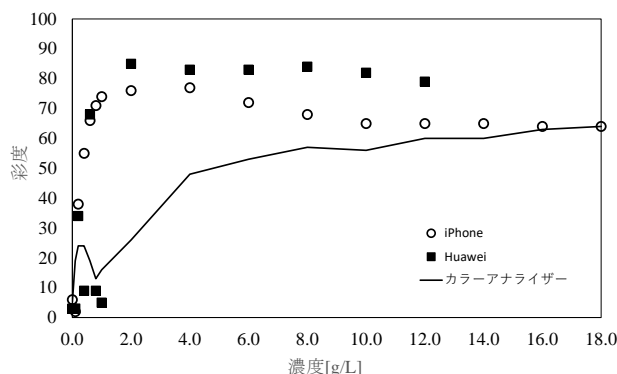
図-4は, 屋外における懸濁液のスペクトル測定の結果である。濃度0.1~0.4g/Lの懸濁液では, 短波長の青から緑



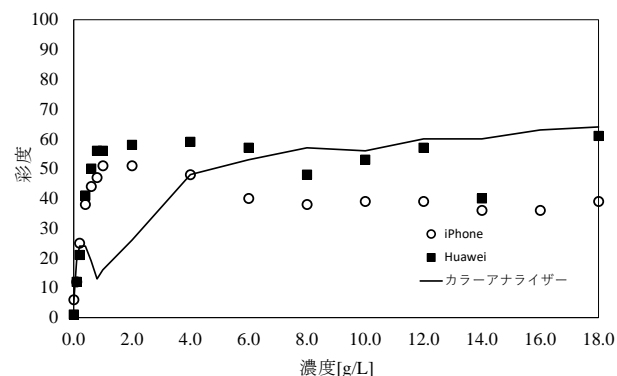
a) 背景黒, 白色補正無



b) 背景黒, 白色補正有



c) 背景白, 白色補正無



d) 背景白, 白色補正有

図-3 彩度Sと濃度の関係

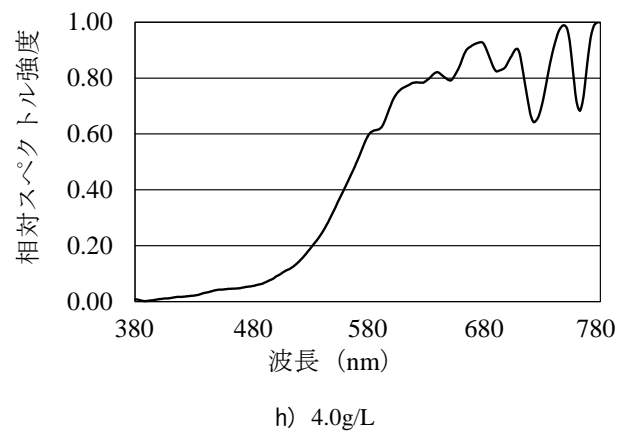
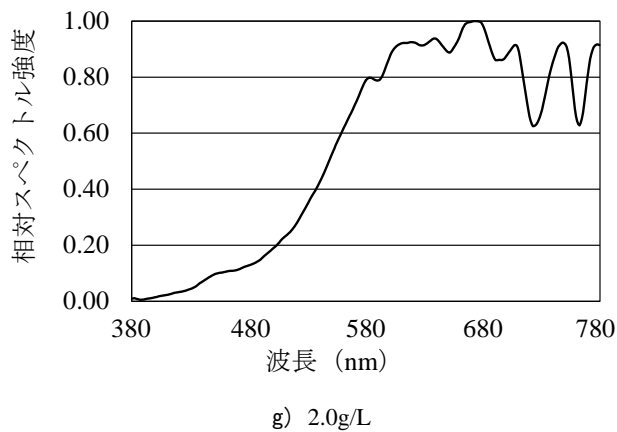
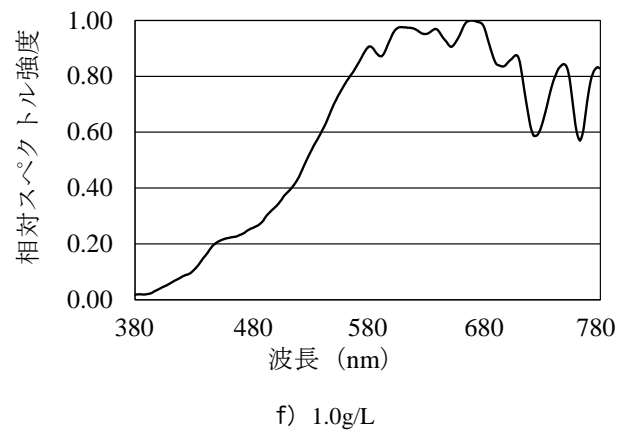
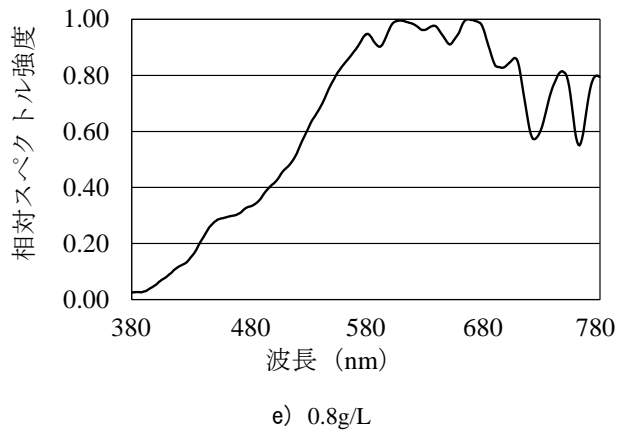
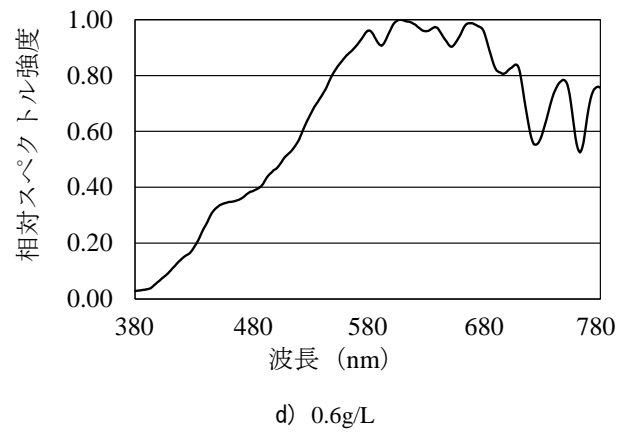
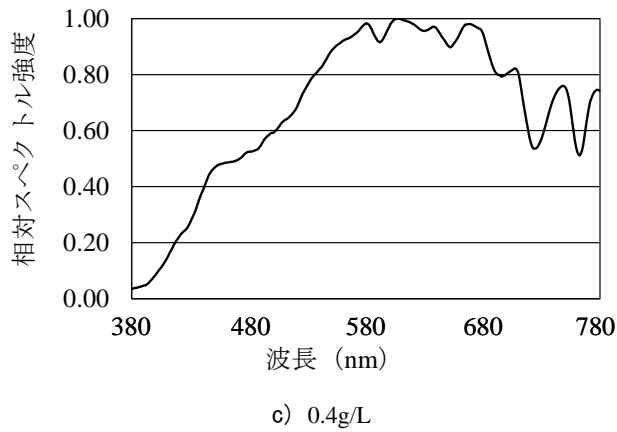
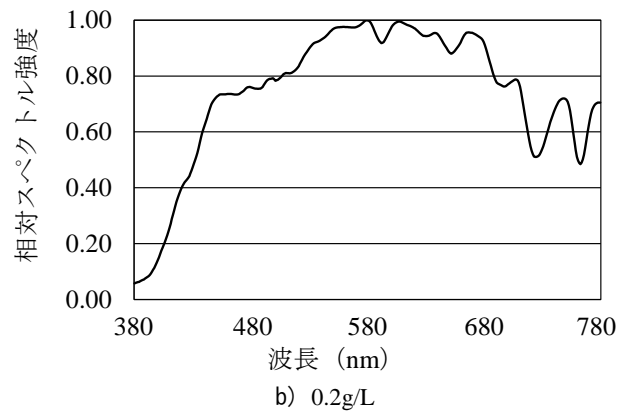
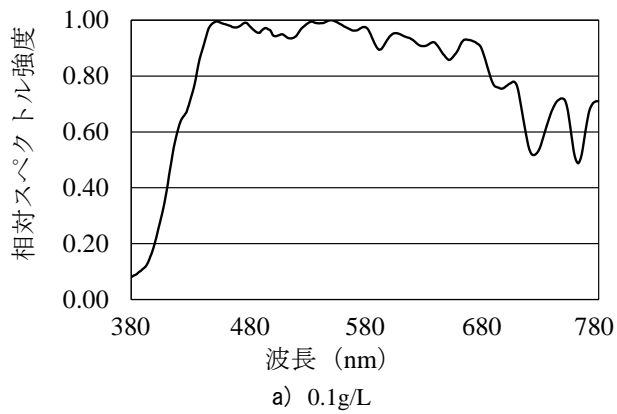


図-4 屋外環境下における懸濁液のスペクトル測定結果

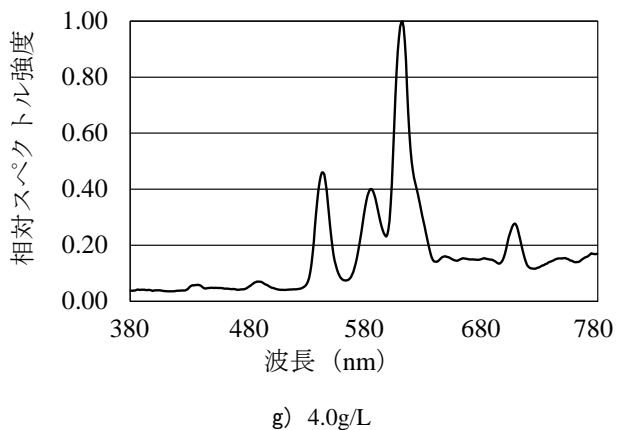
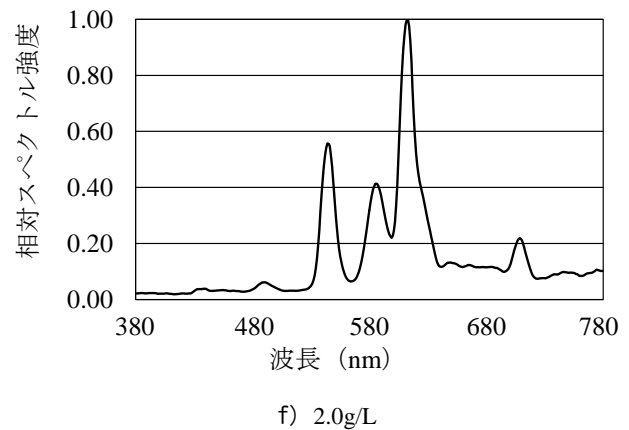
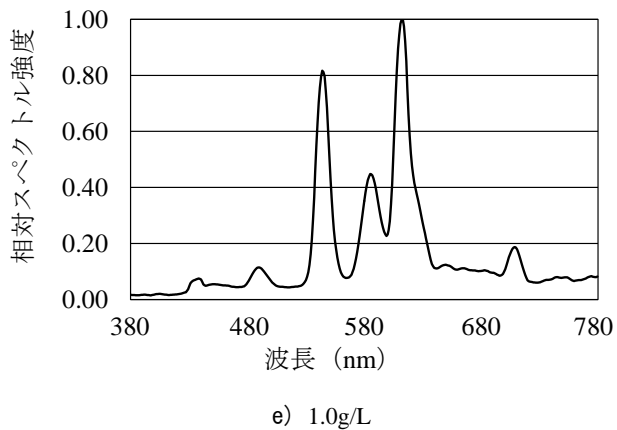
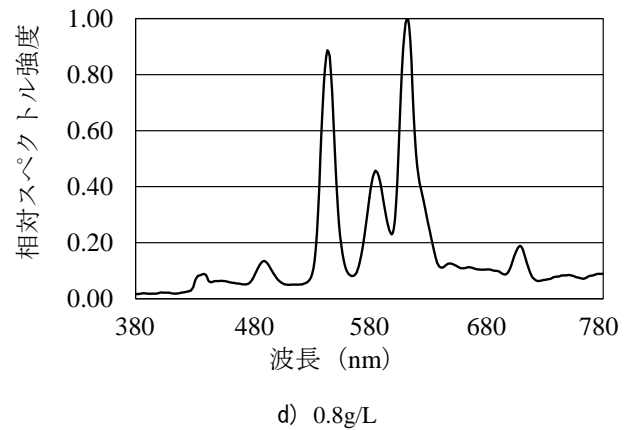
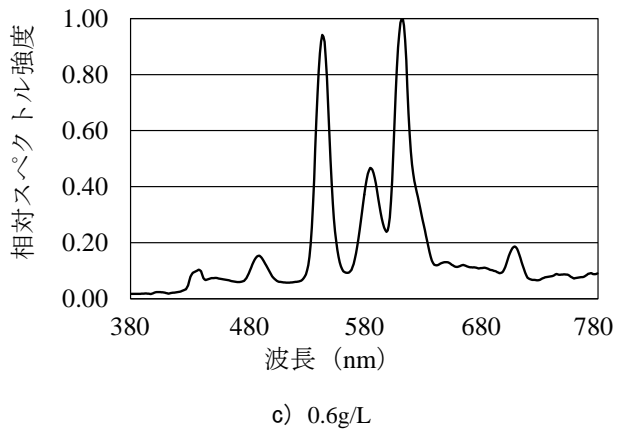
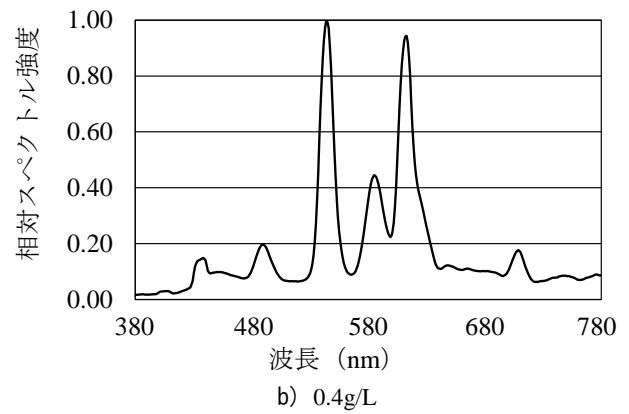
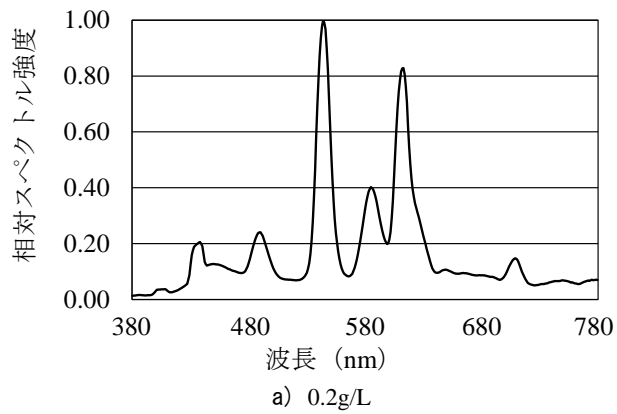


図-5 屋内環境下における懸濁液のスペクトル測定結果

(435~580nm) が強く表れているのに対して、濃度が増していくと、その青から緑(435~580nm)は減衰する一方で赤(610~750nm)は減衰せずに残っており、濃度が4.0g/Lになると、橙から赤(595~750nm)の波長の色が占めていることが確認できた。

一方、図-5は、屋内環境で同様にスペクトル測定を実施した結果であるが、特定の波長の色しか強く表れていない。これは、蛍光灯がメーカー特有のスペクトルを発光するためである。また、図-5から濃度が増すとともに青(435~480nm)や緑(500~560nm)のスペクトルが減少する一方、橙(595~610nm)のスペクトルは減衰せず残っていることがわかる。ただし、赤土に見られる顕著な赤(610~750nm)のスペクトルについては、蛍光灯が発光していないため観測できていない。

6. まとめと今後の課題

本研究では、懸濁液の濃度変化に伴う彩度Sの推移を示し、濃度の基準の設定を図ろうとした。その結果、濃度4.0g/Lを境に推移が異なることがわかった。

しかしながら、屋内の実験室で実施したことから、蛍光灯の影響を受けていることが懸念され、率直に言えば、本来の狙いである濃度の設定ができたとは言い難い。また、背景色や白色補正により差が生じた原因まで追究できなかった。

今後は、屋内外での実験、ならびに演色ライトを用いるなど、異なる条件を設定して、自然光を受けた状態に近い環境を作成し、懸濁液の濃度の設定を目指す。

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.
- 7) 前稔文，佐野博昭，他：スマートフォンを用いた沖縄県内の赤土等流出水の汚濁度測定，平成29年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.347-348，2018.
- 8) 前稔文，佐野博昭，他：スマートフォンを用いた沖縄県内の赤土等流出水の汚濁度測定と基礎的色彩特性，大分工業高等専門学校紀要，第55号，pp.21-26，2018.
- 9) 前稔文，佐野博昭，他：沖縄県内の沈砂池に流入した赤土等懸濁水の汚濁度測定，平成30年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.433-434，2019.

(2020.9.30受付)