

○防衛大学校建設環境工学科 学生会員 伊原浩生

防衛大学校建設環境工学科 正会員 山口晴幸

(財)防衛施設周辺整備協会

増永和弘

はじめに

水環境問題の一つに、河川を通じた海への土砂流出が挙げられる。この対策として沈砂池を利用し、土粒子の沈降を待った後、その上澄みを放流する手法がとられている。沈砂池に貯まった土懸濁水を評価する方法としては、濁度 (ppm)、SS濃度 (mg/l)、透明度等があげられるが、いずれも測定に時間を要するため、放流の時期を的確に判断することが困難である。本研究の目的は、濁度あるいはSSの自動測定にあり、その第一歩として、近年急速に普及しつつあるIT技術を用いて、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する。

実験方法

ある均質な物質中を透過する光の強度は、その透過距離に応じて指数関数的に変化するという光の性質に着目し、図1に示す試験器を作製し、3つの砂防ダム（沖縄県）から採取した土試料から合計44の土懸濁液（以下サンプル）を調製し、以下の手順により実験を行った。まず、携帯型濁度測定器で使用する試験管に懸濁液を満し濁度を測定する。ついで、同じ試験管を水平に設置し、底部から水平方向に光を投射した状態で20 cmの距離から一定の撮影条件の下デジタルカメラにより撮影を行った。光源には白色蛍光灯を使用し、外部からの光の侵入を防ぐため全体を暗箱で覆った。デジタルカメラで撮影された画像は、RGB（赤緑青）の3つの要素それぞれについて0～255の数値として記録されるため、肉眼では識別困難な光の強度（以下輝度）変化が定量的に測定可能となる。光源からの距離に応じた輝度変化について指数近似式を求め、係数入および切片の輝度Cと濁度との関係について検討する。指数近似式は $y = C \cdot \exp(\lambda x)$ で示され、yは距離xに応じた輝度であり、 λ は変化の度合いを示す係数、Cは切片（距離x=0）における輝度となる。

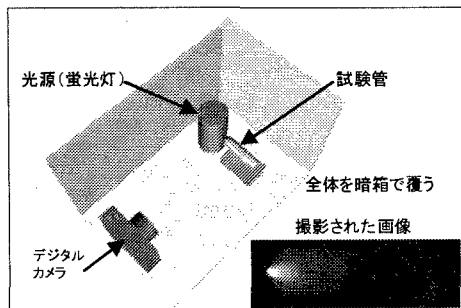


図1 実験装置概念図および撮影画像

実験結果および考察

ウツタ川ダム（沖縄県）の土試料を用いたサンプルにおけるRGBの合計値(total)の輝度変化を図2に示す（12サンプル中の6サンプルを図示）。濁度の高いサンプルほど光源近傍での輝度が高く、距離に対する輝度の減少が大きい。一方、濁度100ppm以下のサンプルについては、距離20～170ピクセル（本研究において1ピクセルは約160 μm ）の間において輝度が増加している。これは試験管底部の形状と内部側面において反射した光の影響によるものと考えられ、濁度の低いもののほど内部側面からの反射による影響が土粒子からの反射による影響より大きくなるため、輝度が増加傾向になると考えられる。

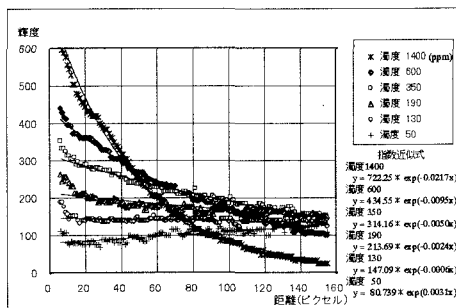


図2 距離に応じた輝度の変化(ウツタ川 total)

濁度・自動測定・デジタル画像

〒239-8686 横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 tel 0468-41-3810 fax 0468-44-5913

撮影されたデジタル画像について、距離 51 ~ 150 (約 16 mm) となる 100 ピクセル分の輝度データについて指数近似を行いその係数 λ と切片 C を求めた。測定された濁度と係数 λ の関係を図 3 に、濁度と切片 C における輝度 C の関係を図 4 に示す。

3 地点、44 サンプル全体として、RGB の各要素およびその合計値 (total) は、濁度と比例関係にあることが図から明らかである。その相関係数 (R^2) は緑 (G) 青 (B) および合計値 (total) で 0.97 と高い。また、輝度の増加傾向が認められた濁度 100ppm 以下のサンプルに関しても λ 、C ともに、濁度がそれ以上のサンプルと連続性が認められ、相関性があることがわかった。よって、デジタル画像から濁度を求めることは十分に可能であると考えられる。

また、濁度と λ あるいは C の関係を線形近似した場合、近似式の傾きは青 (B) で最大であり、赤 (R) で最小となった。相関係数が赤 (R) で最小、緑 (G) で最大となることを考慮すれば、検量線には緑 (G) や青 (B) のから求めた λ や C を用いた方が適当であるといえる。この理由としては、青色光は波長が短く、土粒子 (浮遊状物質) の粒径に対し十分に小さいため、波長の長い赤色光よりも吸収されやすいと考えられる。また、懸濁液の色による違いや、水中を透過する光は波長の長いものほど早く減衰するという性質等による影響も考えられる。

土試料の採取地点毎の濁度と λ (青 (B) を使用) の関係を図 5 に示した。採取地毎に線形近似を行った場合、相関係数は 0.98 以上となり、全サンプルを用いた場合より強い相関が確認された。この傾向は、赤 (R) 緑 (G) についても同様に確認された。一方近似式の傾きは、採取地により若干の差異を示すものの濁度 400ppm 以下のサンプルにおいては輝度のばらつきの方が大きくなるため有効な起源の判別法とは言い難い。肉眼観察においても、濁度の低いサンプルは色の識別が困難であった。しかしながら懸濁水の色は、溶けている金属イオンや浮遊する微少な粘土鉱物の色の影響を大きく受けることを考慮すると、今後検討する必要があるといえよう。

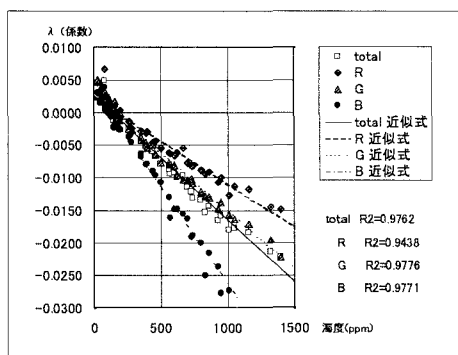


図3 濁度と係数 λ の関係

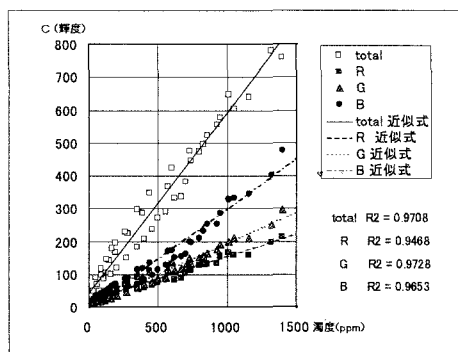


図4 濁度と切片の輝度 C の関係

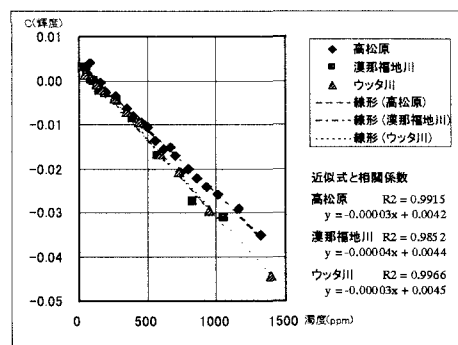


図5 採取地による違い (濁度- λ 図 青 (B))

まとめおよび今後の課題

以上の結果から、デジタル画像から懸濁水の濁度が推定可能であることがわかった。また、濁度は S S 濃度との相関があるため、本方式を用いることで濁度や S S 濃度の自動計測の可能性が高まったといえよう。計測の自動化は、同時に複数の地点の濁度変化を連続的に測定することを可能とし、環境問題や汚染対策に貢献することと期待している。最後に今後の課題としては、測定精度を高める撮影条件、S S 濃度と λ 、C の関係および、採取地による傾向の違いや色ごとの特性に関する検討が挙げられる。

参考文献

- 1) 花城可英ほか(1994): 濁水の評価に関する研究 沖縄県衛生環境研究所報 28 : pp.67-71.
- 2) 土質工学会編: 粘土の不思議, 第1章, 土質工学会, 1986.
- 3) 日本工業技術センター編: コンピュータ画像処理入門, 第1章, 総研出版, 1985