

II-488

三色光の透過光量, 散乱光量による濁質の測定と評価に関する研究(2)

東京理科大学

正員 柏谷 衛 出口 浩 学生員 ○島田敏行

㈱CTIサイエンスシステム 正員 斎藤秀晴 勝間田純一郎

1. はじめに 濁りの原因物質として, 無機, 有機の浮遊物質, 微生物および泥土などがある。著者らは昨年度から自作の積分球式濁度計を作成し, 三波長を有する光源を用い, 水の濁りの本質について光学的な検討を行ってきた。^{5) 6)} 今回の発表では昨年度用いた実験装置の波長帯の幅を広げ, 光源の波長による透過光量, 散乱光量への影響とそれぞれの光量の定式化について再検討を行い, その結果および考察について報告する。

2. 濁質の観察と実験試料 一般的な河川の濁質にはガラス状の粒子や藻類の様な緑色生物といった半透明なものが多く含まれており, 透過性があると考えられる。このようなことから, 本研究では濁質の標準物質として粒子の形状が球形, 粒径がほぼ一定, 比重1.15のステレンビーズを用いた。

3. 実験装置と方法 積分球式濁度計の光源にはハロゲンランプを用いた。入射光は干渉フィルターを通し, 三種類の波長帯(赤: 630nm, 緑: 532nm, 青: 458nm)で測定できるようにした。セル内の試料に通した入射光は透過した光(透過光量)および反射, 屈折した光(散乱光量)としてセンサーによって受光され, 電圧(mV)に変換しその値を測定値とした。この実験では粒度分布が既知のステレンビーズを蒸留水に100~800(mg/l)の範囲内で8段階に添加調整した試料を用い, 前記の三波長を有する積分球式濁度計によって透過光量, 散乱光量を測定した。

4. 実験結果結果と考察 図-1, 2にはステレンビーズの添加量100, 200, 400, 800(mg/l)において, 透過光量, 散乱光量と粒径の測定値を示した。

(1) 透過光量について: 粒径と透過光量の間には次のような特徴が認められた。①粒径が小さくなるに従い, 粒子の個数も増加し, 光を遮る面積も増加するので透過光量が減少する。②添加量が増加すると波長の影響が小さくなる。特に添加量800(mg/l)では波長の影響はほとんど見いだせない。これは粒子の個数による影響が波長による影響よりも大きいためと考えられる。③添加量100, 200, 400(mg/l)において, 透過光量は赤色光源(630nm)を基準に比較してみると, 緑色光源(532nm)では1~2%, 青色光源では3~4%減少し, これより波長による影響を見いだすことができた。④全体的にみて波長が長いものほど濁質中の光は透過性が良い。また, 波長による影響は添加量が少ない方が明確に現れることが明らかとなった。

(2) 散乱光量について: 粒径と散乱光量の間には次のような特徴が認められた。①粒径が小さい場合には,

散乱光量が大きくなる傾向を示す。これは粒子が増加するに従い, 入射光が粒子に当たり散乱する光量が多くなるためと考えられる。②粒径が小さい場合には, 粒径が大きい場合に比べ波長による影響を大きく受ける。添加量100, 200, 400(mg/l)については粒径100μmを境にして散乱光量の値に違いがある。粒径100μm以下散乱光量の増加傾向は指数関数的となっているのに対し, 粒径100μm以上

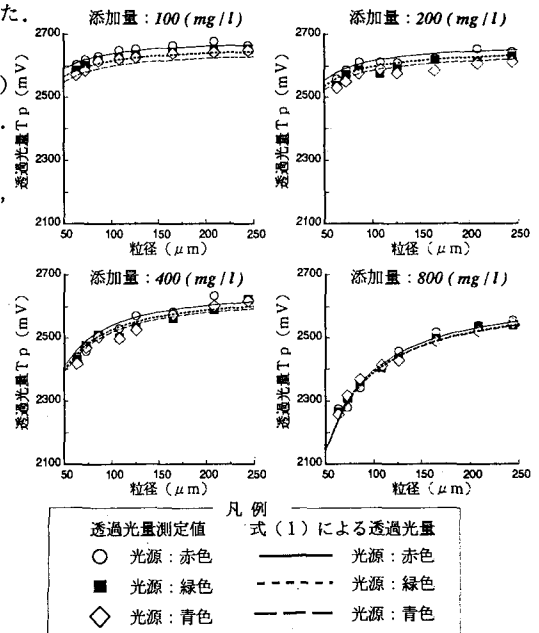


図-1 透過光量と粒径の関係

では直線的となっている。③全体的にみて散乱光量は赤色(630nm)を基準に比較してみると、緑色光源(532nm)では10~40%, 青色光源(458nm)は30~60%増加し、波長λによる影響を見いだすことができる。④添加量が増加すると波長の影響が明確になる。波長による違いは添加量400(mg/l)と比較して添加量800(mg/l)は30~50%広がっている。これは粒子の個数が増加したためと考えられる。

(3) 透過光量, 散乱光量の総合的評価: ①図-1, 2を比較してみると透過光量は波長が長いものほど透過性が良く, 逆に散乱光量は波長が短いものほど散乱しやすいことが見いだされた。②全体的にみて波長による影響は透過光量よりも散乱光量に大きな影響を与える。

5. 透過光量, 散乱光量の定式化 実験結果をもとに透過光量, 散乱光量の定式化を検討する。透過光量は入射光が粒子間を通り抜けた光量であるので, 粒子が入射光を遮る面積に関係すると考え, 散乱光量は入射光が粒子によって反射, 屈折された光量であるので, 粒子の個数に関係すると考えた。しかし, 本研究で用いたスチレンビーズは半透明であるため, 粒子が光を遮る面積や粒子の個数だけでそれぞれの光量を表現するのは不十分である。そこで, 透過光量, 散乱光量を以下のような光の波長λとの関係式によって表した。^{1) 2) 3) 4)}

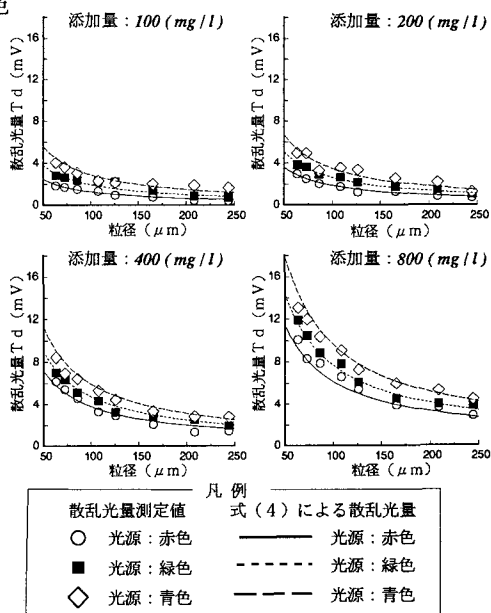


図-2 散乱光量と粒径の関係

$$\text{透過光量: } T_p = (1 - \beta) T_{po} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{遮光面積比: } \beta = \frac{f(\lambda)^2}{\{f(\lambda) + 1\}^2 + 1} \quad \text{----- (2)}$$

$$f(\lambda) = \{0.0186 + e^{(14.594 - 3.96858 \cdot 10^{-6} \cdot \lambda)} \cdot X \cdot \frac{(2.76 \cdot 10^5 \cdot \lambda - 1.11)}{\lambda \cdot r} \cdot X \cdot \frac{244.2}{r}\} \quad \text{----- (3)}$$

$$\text{散乱光量: } T_d = 6.7 (1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda) \cdot X \cdot \left(\frac{0.72 \cdot 244.2}{r} \right)^3 (0.315 - 2.15 \cdot 10^{-5} \cdot X) \quad \text{----- (4)}$$

ここに, λ: 光の波長 (nm), r: スチレンビーズの粒径 (μm)

X: スチレンビーズの添加量 (mg/l), T_{po}: スチレンビーズ添加量無しの透過光量 (mV)

また, 式中の数値は実験係数である。

式(3)のf(λ)は実験値より与えられ, このf(λ)より遮光面積比(β)が計算できる。よって透過光量と粒径との関係は式(1)で求められ, 散乱光量と粒径の関係は式(4)で与えられる。これらの値は図中の曲線で表しているが, とともに実験値とはほぼ一致していることがわかる。

6. まとめ 入射光の波長を変化させた場合, 透過光量や散乱光量は波長λによって異なる値を示すことが見いだされた。その影響は透過光量よりも散乱光量に特に大きく現れた。また, 透過光量と粒径, 散乱光量と粒径の測定値はそれぞれ式(1)(2)(3)(4)によって近似でき, 定式化できることが明きらかとなった。

〈参考文献〉 1) 神保元二, 久保輝一郎: 粉体—理論と応用, 丸善 2) 神保元二: 粉体の科学, 講談社 3) 大竹周一: 物理の窓, そしえて文庫 4) ロッシ: 光学(上, 下), 吉岡書店 5) 柏谷 衛, 出口 浩, 島田敏行: 三色光の透過光量, 散乱光量による濁質の測定と評価に関する研究(1), 土木学会第48回年次学術講演会概要集第2部, p1112~1113, (1993). 6) 柏谷 衛, 出口 浩, 島田敏行: 濁質の粒径と濃度の相違を表す濁度計測に関する研究, 第28回日本水環境学会年會講演集, p102~103, (1994)