

東海大学 海洋土木工学科 正員 菱田耕造

東海大学 海洋土木工学科 正員 竹澤 信

1. はじめに

近年、海洋環境保全の問題が重要視されるようになり、浚渫、埋立および海岸や海洋の構造物の建設工事、出水時の河川濁水の海洋や珊瑚への流入などに伴って起る水の濁りや水中の視環境の悪化は重要な問題となっている。このため水中の浮遊物質(FS)^{1,2)}、濁度などの捉え方が日本工業規格により規定され厳格化してきた。しかしこの方法では分析に半数と時間ばかり、現場で即時に高精度でしかも簡便に測定することは困難である。一方、水中の平行光束の消散係数を濁度とする光学的な捉え方³⁾は、現場測定を比較的簡単に行うことができ、得られる結果にも客観性があるなどの利点がある。したがって濁りの測定に光を用いた測器が多様様に考案され市販されるようになったが、濁度を正確に測定できるものは一般に少ない。また最近の問題点である浮遊物質の性質、平均粒径などを求めるためには、光束消散係数の他に光の散乱関数を知る必要があるが、この目的に沿った測器もほとんど見あたらない。そこで時に水中の浮遊物質の性質、平均粒径などを求めることに目標を置いた測器を開発し、濁りの光学的計測を行うとともに浮遊物質量や強熱減量などとの関連性を求め、その性質や平均粒径などを定量的に求めることを試みた。

2. 測定原理

水中の浮遊物質の吸収および散乱特性にはMie理論⁴⁾が適用される。これによると、光束消散係数および散乱関数には次のような性質がある。光束消散係数を波長別に測定した場合、無吸収粒子より吸収粒子の方が波長依存性は大きい。散乱関数に対応した散乱光強度の角度分布は、光束の進行方向の小角で非常に大きく角度の増大とともに減少するが、その割合は無吸収粒子より吸収粒子の方が大きい。Mie散乱における散乱光強度は、水平偏光成分 I_H と垂直偏光成分 I_V の和で表わされるが、両者の比 (I_H/I_V) は吸収粒子より無吸収粒子の方が大きく、またこの比は粒径とともに大きくなる。なお本研究では吸収粒子を有機物、無吸収粒子を無機物と仮定し、強熱減量が浮遊物質中の有機物量に等しいとして、日本工業規格に定める方法に従い強熱減量を測定した。

3. 測器の試作

浮遊物質の性質、平均粒径などを求めるため上述した原理を基に①多波長の透過光によるもの(多波長型水中濁度計)⁵⁾、②散乱光の角度分布によるもの(角度変化型散乱計)、③散乱光の偏光によるもの(偏光型散乱計)の3種類の測器を開発した。各測器の水中部の外形を図1、図2、図3に示す。

多波長型水中濁度計は水中の測定部、船上の電源記録部、ケーブル・ケーブルより成る。光源はハロゲンランプ、平行光束径は5

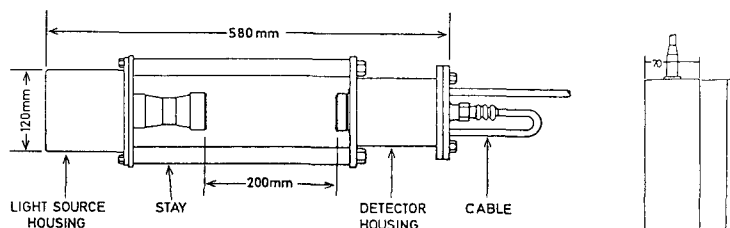


図1 多波長型水中濁度計

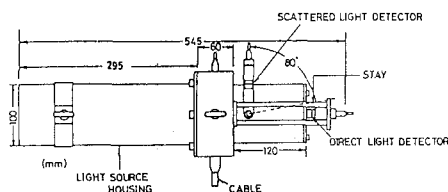


図2 角度変化型散乱計

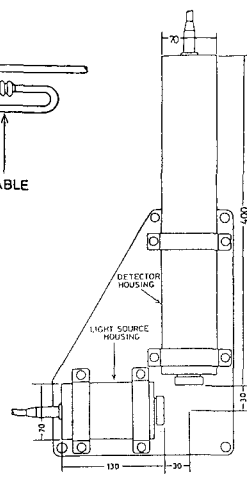


図3 偏光型散乱計

nm, 測定波長は405, 440, 500, 550, 650nmである。波長変換は電源部のボタンを押すことにより遠隔操作される。光路長は200mmであり、レンズ、ピンホール受光系により散乱光の入射を防いだ。

角度変化型散乱計は水中の測定部、船上の電源記録部、ビニール電線より成る。光源には波長633nmのHe-Neレーザを用いた。散乱光の測定角度範囲は光ビームに対して10°~90°であり、記録計にX-Yレコーダーを使用することにより、散乱光強度の角度分布を迅速に測定できるように工夫した。

偏光型散乱計は水中の測定部、船上の電源記録部、ビニール電線より成る。光源はハロゲンランプ、ビーム径10mm, 測定波長530nmであり、受光素子は光電子増倍管である。なお本測器は長期間設置して濁りを測定する場合に優れていると思われる。これは散乱光の乱れを同時に測定できるので、窓ガラスの汚れによる光量変化の影響を受けないからである。

4. 現場における測定例

上述した種類の測器を用いて水の濁りを測定し、同時に浮遊物質について強熱減量を求め、試作測器の実用性などを吟味した。測定した場所は清水港、駿河湾、瀬戸内海などの沿岸海域および河川、湖沼などの陸水域であるが、ここでは代表例として駿河湾における測定結果を示す。

多波長型水中濁度計で測定した濁度の波長依存性と強熱減量比(浮遊物質に対する強熱減量の比で、R.I.L.と略す)との関係を図4に示した。濁度の波長依存性はバラツキはあるがR.I.L.とともに増加する傾向が認められる。

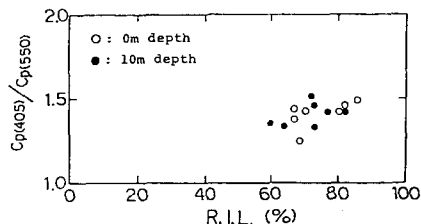


図4 濁度の波長依存性と強熱減量比との関係

角度変化型散乱計で測定した散乱光強度の角度依存性を代表するものとして30°と60°における値の対数比(以後散乱光角度比と呼ぶ)とR.I.L.との関係を図5に示した。散乱光角度比は強熱減量比とともに増加する傾向が認められる。

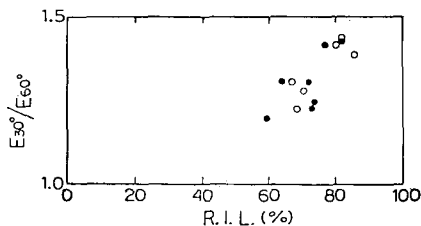


図5 散乱光角度比と強熱減量比との関係

偏光型散乱計で測定した垂直偏光成分比と水平偏光成分比との比(以後偏光比と呼ぶ)と強熱減量比との関係を図6に示した。偏光比は強熱減量比とともに小さくなる傾向が認められる。なお偏光比は濁りの小さい場合は濁度に比例し、濁りの大きい場合は粒径に関係することに注目する必要がある。

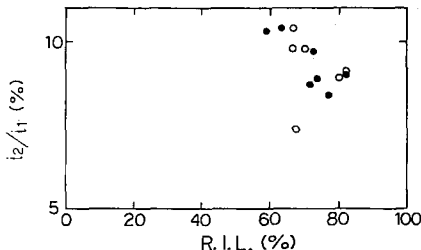


図6 偏光比と強熱減量比との関係

5. おわりに

以上述べたようにこれらの方法を単独または同時に用いれば、従来の方法で明らかにできなかった浮遊物質の性質や粒径の大小を大ざっぱではあるが求めることができると考えられる。

参考文献

- 1) 日本工業規格: 工業用水試験方法, JIS K0101-1966.
- 2) 日本工業規格: 工場排水試験方法, JIS K0102-1964.
- 3) 菱田耕造: 海水の濁りに関する研究, 日本海洋学会誌, Vol. 9, 143-180, 1954年.
- 4) Mie G.: Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen. Ann. Physik, Vol. 25, 377-445.
- 5) 菱田耕造, 竹沢信: 多波長型水中濁度計の試作について, 海と空, Vol. 53, 165-167, 1978年.