濁度自動測定装置について*

菱田耕造** 小泉宗三郎** 西山勝暢**

On the Automatic Turbidity Measuring Instrument

Kozo HISHIDA, Sozaburo KOIZUMI and Katsunobu NISHIYAMA

Abstracts: When a continual measurement of turbidity in the sea water is automatically carried out by the use of the submarine detector measuring the attenuation rate of parallel light beam through the water, it seems generally that water-tight cases containing the light source and the light receiver are apt to become dirty for a while in the sea water. To avoid such a trouble even a little, an instrument suitable for the automatic determination of turbidity has been devised by the authors. The principle employed is the measurement of scattered light intensity through the water as well as that of attenuated light intensity. And thus, the light receiver consists of a photo conductive cell at the centre and the surrounding twelve cells for the attenuated light and the scattered light respectively. Some results and considerations are represented with this new type turbidity meter, which may be considered applicable for some practical purposes.

1. 緒 論

海水中の懸濁物を定量的に求めるためには、いろいろな方法が考えられてきたが、連続測定により自記記録の形として求める場合には幾多の制約を受け実用に供せられるものは比較的少ない。海水を汲みあげてろ過する方法は機構的に煩雑さを伴うから、光を用いる方法が適当であるが、光源部、受光部に使用するガラスが連続測定に際して、海水中の懸濁物などによって汚され、精度が著しく悪化する恐れがある。

元来、光が海水中の懸濁物にあたるとき光は吸収と散乱を受けるが、これを厳密に定量的に求めようとすると、いろいろな海水の光学的性質に応じ、適当な測定器械を用いなければならない。(TYLER and PREISENDORFER, 1962) ただ実用的に海水中の懸濁物の量を光学的方法により求めるためには、水中一定距離を通過した際の光の減光の割合を測定する方法が主として用いられてき

た。ところがこの際生ずるガラスの汚れは連続観測の場合には直ちに結果を無意味にするから、多少厳密さにかけるところはあっても、散乱光を同時に測定し、直達光との関連において、海水の濁度が求められるならば少しでもこのような欠点はさけ得るのではないかと考えて、本装置を試作した。

2. 装 置

海水中の懸濁物による散乱光は海水中の直達光に比べ、はなはだ微弱であるために、得られた光電流を増幅したり、自然光を防ぐことに留意しなければならない。そこで、直達光の測定用受光器を入れた水密のケース内で、これを光の平行光束の方向に動かせるようにし、その距離に応じて生ずる直達光量の変化から、間接的に散乱光の大きさを求める方法を最初試みたが、精度の点において低濁度の際不十分であり、また受光器の移動を遠隔操作させることは機構上厄介であるから、直接散乱光を求める方法を採用した。

濁度測定装置は水中所定の深さに置いた濁度検

* 1968年9月2日受理

** 気象研究所 Meteorological Research Institute

Fig. 1. A schematic representation of the detector.

出部とこれからとりだした光電流の電気的信号を海上または陸上で自記記録させる部分とからなりたつ。検出部は Fig. 1 のように光源部と受光部とにわかれ、この間の距離は濁度の大きさに応じて変えられるようにした。光源部は光源ランプとレンズにより直径 2 cm の平行光束を送り出させるものであるが、光源の明るさの変動を知るための受光体 1 個を入れた。なお定電圧装置により明るさは一定にするようにしてある。

受光部は直径 2 cm の円形の光導電セル (Cd-Se) を中央に直達光測定用として、そのまわりに同一の光導電セル 12 個を散乱測定用として配置した。後者はドーナツ型の一体のものを採用する場合に比べ、偏光フィルターをとり付けると縦横の偏光がわかり、また直達光と散乱光の光量の比がたやすくわかるなどの点有利であろう。なお、表層近くの観測では光源ランプからの人工光に比べ、自然光を極度におさえる必要があるので、長波部のみを通す赤色フィルターを用いたり、また通水を妨げないで、光の迷入を防ぐようなおおいをとり付けるなどの工夫を試みた。(Fig 2) 以上濁度装置のうち、主として検出部についての述べた

Fig. 2. The submarine detector of the turbidity meter.

が、送信や自記記録などについては特に新しいことはないのでここでは省略する。なお、製作を東邦電探に依頼した。

3. 考 察

Fig. 3 において、海水の光の減衰係数を τ とすると、

Fig. 3. Geometric relations between incident light, attenuated light and scattered light.

$$J_a = J_0 e^{-\tau l} \quad (1)$$

ここに J_0 は光源における平行光束 (円形で直径は d とす) の光の強さで、 J_a は l なる長さの海水を通過した後の直達光の強さである。また、散乱光を受ける受光体の一つでは、受光体も平行光束と同じく直径 d とすると、近似的には

$$J_s = J_0 \int_0^l \beta_\theta(x) \omega(x) dx \quad (2)$$

により、受光体における光の強さ J_s が求まる。ここに β_θ は直達光と散乱光のなす角 θ 方向における体積散乱関数、 ω は散乱光の受光面積に対する立体角であって、ともに光源と受光体間の距離 x の関数であり、 β_θ は全散乱係数 β と次式により関係づけられるものである。

$$\beta = 2\pi \int_0^\pi \beta_\theta \sin \theta d\theta$$

今、海水中における光の減衰のうちで吸収と散乱とによるものが一定の割合をしめると仮定すると $\tau \doteq k_1 \beta$, また l を一定としておくと

$$\int_0^l \beta_\theta(x) \omega(x) dx \doteq k_2 \beta$$

とおける。ここに k_1, k_2 は常数とする。従って(1), (2)は

$$J_a/J_0 = e^{-k_1 \beta l} \quad (1')$$

$$J_s/J_0 = k_2 \beta \quad (2')$$

とかける。(1') (2') の 2 式から、 J_s/J_a は β のみの函数となり光源部におけ容器のガラスが少々よ

Fig. 4. An example of self-records showing variations in light intensities.

これたり電源が変動しても、これには関係がなく
なり、また直達光のみによる場合よりも濁度は詳
しく得られる。

海水中に本検出部をつけて長期観測を行なった
記録について、その1例を Fig. 4 に掲げる。光
源の明るさはほとんど一定しており、直達光、散
乱光はともに変動している。なお直達光は散乱光
とは逆の位相になるが、これは (1') 及び (2') か
ら知られる通りである。更に、直達光と散乱光の
関係を明らかにするために、広島湾における長期
観測のうち、1966年10月における2時間ごとの濁
度について、相対応する直達光と散乱光のそれぞ
れの値を片対数方眼紙に示した図 (Fig. 5) を掲

Fig. 5. The relation of scattered light intensity to attenuated light intensity plotted in a semi-log paper.

げる。元来、海水中の懸濁物はいろいろな組成や
形状をもったものの集合であるから、理論的に非
常に複雑な考察を必要とするにもかかわらず、上
記に示した (1'), (2') 式はもっとも単純に考えた
近似式であるから、これらの点がばらつくのは当
然なことであろう。然しながら、両者の間にはか
なりよい相関が見られ、これらの式もある程度の
具体性をもつものと考えてよい。

濁度を定量的に表現する仕方は未だ必ずしも一
定しているとはいえないが、上水道の水の濁度で
行なわれているような白陶土 1 mg を純水 1 l に溶
かしたものを 1 ppm とする決め方を用いて、10
ppm の範囲内で散乱光の強さを本装置で測ると、
濁度に正比例することが実験的にわかったので、
これを一つの検定法として採用してきた。ただ、
白陶土を用いることは果して海水の濁度に適当で
あるかどうかには問題点も多く、特によい考えも
ないので、例えばさきに示した Fig. 5 の諸点を通
るような直線を引いて (仮りに点線のように)、
この直線と縦軸との交点における直達光の値を基
準として、(1') 式によりそれぞれの全散乱係数を
求め、海水の濁度を定める方法もかなり合理性が
あると考えられる。

5. あとがき

この研究は昭和39年より41年までの3か年間に
わたる科学技術庁特別研究促進調整費による沿岸
海灣の海象に関する総合研究の一部であって、観
測結果については別に報告する予定である。本装
置が厳密にはいろいろな問題点もあり、また、細
部に改良すべき点は多々あるとしても、一応実用
に供せられる段階に至ったと考え、ここに報告す
る次第であって、関係の各位に深甚な謝意を表す
る。

文 献

TYLER, J. E., and R. W. PREISENDORFER (1962):
In M. N. Hill [ed.], The sea, V. I. Interscience,
New York and London, p. 397-451.