海水中の懸濁質に関する研究—Ⅳ—

懸濁質係数と消散係数および濁度との関係

花岡 資・古川 厚・野上和彦

(1960年1月5日受理)

STUDIES ON SUSPENDED MATTER IN THE SEA—IV.
ON THE RELATION BETWEEN SUSPENSION FACTOR, EXTINCTION
COEFFICIENT AND TURBIDITY.

Tasuku HANAOKA, Atsushi FURUKAWA and Kazuhiko NOGAMI*

The authors previously reported an equation $\mu = aT^{-b}$, where μ is extinction coefficient of incident light into a suspension, T visible transparency depth of Secchi-disc and a , b constants.

" a " can be an index of the particle size, as far as " b " remains to be a certain value though it varies by the quality of suspended material. In the sea water, the value of b was recognized to be 0.3 in neritic and even in oceanic waters.

So " a ", the suspension factor, of various sea regions can be comparable to each other and is observed to be a good indicator of the condition for the growth of filter-feeders there, and recently a -Cl number, combined " a " value with Cl ‰, was showed to be a better index for it.

When T can't be observed, " a " is obtained as follows from the values of μ and τ , Turbidity, in situ.

Generally in the suspensions of such particles as their size is of the same order to the wave-length of incident-light or slightly larger, there is a relation $\mu = kS^\alpha$, where S is the concentration of particles, α is a constant, 0.2 in sea waters, neritic and oceanic, and k a parameter which varies with the value of " a ", according to the relation $k = 0.64a - 0.055$.

While theoretically there is a relation $\tau = \gamma S$, where γ is a parameter which varies with the particle diameter.

From these two eqs. we can obtain $\mu = k'\tau^{0.2}$, where $k' = k\gamma^{-0.2}$. This relation was recognized to be in good fit with many data hitherto obtained actually by assuming $k' = 0.72a - 0.04$.

And we obtain $a = 1.38\mu\tau^{-0.2} + 0.056$ according to which " a " can be obtained even by layers in the sea from μ and τ without T .

Applying the value of γ computed theoretically by Burt under the condition that the wave-length is 550m μ and refraction coefficient between particle and water 1.15, the diameters of particles by " a " values were tried to obtain from the eq.

$$\gamma = \left(\frac{0.64a - 0.055}{0.72a - 0.040} \right)^5,$$

resulting the diameters of 2~5 μ in usual bay-waters in Japan, as shown in figures.

著者等は前に¹⁾, 水中に懸濁する粒子の径が光線の波長と同じかあるいはそれより幾分大きいような場合には、一般に

$$\mu = aT^{-b}$$

ここに μ : 透入した光の消散係数, T : Secchi-Disc による透明度の深さ, a, b : 常数が成立し, b は粒子の質によつて異なる値をとるが, b が一定の場合は a はその粒子の径の index になると, さらに海の場合には $b = 0.3$ として汽水域から沖合水まで適用して矛盾を生じないことが認められ, し

* 内海区水産研究所 (Inland Sea Reg. Fish. Res. Lab.).

たがつて a は海の場合直ちに比較して粒子の大小を推定できることになることを示した。懸濁質係数 (Suspension factor) と名付けたこの " a " の値は海の filter feeder の成育地のよい標示になるものであつて、さらに最近、これと Cl % とを組合せた a -Cl 係数で、一層よく適地を判定できることが示された²⁾。

この懸濁質係数 " a " は μ と T とを知ることにより直ちに求め得るが、Secchi-Disc が底に届いてしまつて T が求め得られない時、あるいは水域を立体的に観察したい時にはこの方法では不可能である。その際には水中濁度計を併用すればよいのであるが、前報に記した a と μ ならびに濁度 τ との間の関係式は統計的近似式であり、理論的には不合理な点があるので今回これを訂正したい。

懸濁物の密度 S と濁度 τ^* との間には、理論的に $\tau = \gamma S$ が成立する。ここに γ は粒子径 (r) の大いさによつて異なる値をとる³⁾。

一方、実験的に各種懸濁物液で一般に $\mu = kS^a$ が成立し、海の場合には $\mu = kS^{0.2}$ (S : mg/l, μ はメーター当り) が適用できることを発表した¹⁾。 k は懸濁質係数 " a " の函数で、

$$k = 0.64a - 0.055$$

である。(前報の値とやや異なる。その後広範囲の資料によつて検討し、この値を適用することにした。)

上記2式から

$$\mu = k(\tau/\gamma)^{0.2}$$

すなわち $\mu = k'\tau^{0.2}$ が求められる。ここに k' は粒子径の函数である**。

Fig. 1. Relation between extinction coefficient (μ), turbidity (τ) and suspension factor (a). Each number is the observed value of " a " at the station having the corresponding values of μ and τ .
(35, 120 etc. denote the value of a 0.35, 1.2 etc.)

* $\tau = \frac{2.3(\log I_0 - \log I_d)}{d}$ d : 濁度計の light-path
 I_0, I_d : はそれぞれ蒸溜水、試水の場合の光度

** 既知量 paraffin の懸濁液 (融点 48°C の paraffin とその 18% の乳化剤 Nissan-Dispermol との混合液に 90°C の蒸溜水を攪拌しつつ加えて作成したもの。著者等の場合、粒子径は 8μ 前後であつた) の実験で $\mu = kS^a = k'\tau^a$ の関係が実際に成立していることが認められ、この場合 $k = 0.174$, $k' = 0.186$, $a = 0.37$ であつた。この懸濁質溶液作成について御教示を得た日本油脂 K. K. 研究所今井所長ならびに吉井氏に深謝申上げる。

従来得た多くの観測資料をこれによつて整理すると、
上式は

$$k' = 0.72a - 0.04$$

でよく観測値と合致することが認められる。すなわち

$$\mu = (0.72a - 0.04)\tau^{0.2}$$

ゆえに

$$a = 1.38\mu\tau^{-0.2} + 0.056$$

これによつて T を得られぬ時にでも、水中照度計および濁度計を使用して、 μ および τ を測ることにより、 a を求めうるし、また層別に立体構造を見ることもできる。

なお、W. V. BURT³⁾ が海水中の懸濁物について理論的計算を行なつた際の条件、すなわち、光線は $550m\mu$ とし、粒子と海水との間の屈折係数を 1.15 とした場合の r の値を使つて " a " と粒子径の関係を出してみると以下ようになる。この際 $550m\mu$ の波長は、われわれが実際に観測する時使用している filter の感光曲線の mode とほぼ一致するから、そう大きな誤差は生じないと考えられるが、屈折係数については日本の湾内水について測定されたことがないので何ともいえない。

$$\text{前掲の式} \quad \mu = k(\tau/r)^{0.2}$$

$$\text{および実測による} \quad \mu = k'\tau^{0.2} \quad \text{より}$$

$$k\tau^{-0.2} = k'$$

すなわち

$$r = \left(\frac{k}{k'} \right)^5 = \left(\frac{0.64a - 0.055}{0.72a - 0.044} \right)^5$$

が得られる。

いろいろの " a " の値に対して求めた右辺の値を BURT の計算によるいろいろの半径 (r) に対する r の値と対比すると、Fig. 3 のようになる。

すなわち a が 0.2~2 の範囲で r (平均の粒子径) は $2.4\mu \sim 5\mu$ の範囲になり、BURT が推定した Plymouth E_1 点の水のもつ粒子径、また JERLOV⁴⁾ の Adriatic Sea での値 $2 \sim 5\mu$ と同じ大いさを示すことになる。

本研究費の一部は文部省科学研究費によつた。ここに謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 花岡・古川・野上: 海水中の懸濁質に関する研究(I), 懸濁質係数とその意義, 本誌, **22**, 213~219 (1956).
- 2) 古川・野上・久岡・篠岡: 三重県下主要真珠養殖場予備調査結果について, 内水研報告, **12** (1959).
- 3) BURT, W. V.: On the attenuation of light in the Sea. J. Mar. biol. Ass. **36**, 223~226 (1957).
- 4) JERLOV, N. G.: Adriatic Thalassographie Cruise 1955 II. Distribution of suspended material in the Adriatic Sea. Estratto Dall' Archivio di Oceanografia e Limnologia, XI-Fascicolo 2 (1958).

Fig. 2. Relations between μ and " a " for different values of r .

Fig. 3. Relation between " a " and r , mean diameter of suspended matter, (dotted curve), computed through the relation between " a " and γ (thick curve), obtained theoretically by Burt.