

15. 着色水に関する調査研究(第3報)

—透視度法による着色水の測定に関する検討—

宇都宮高栄, 山口慎一, 青木啓子
沢田稔之佑, 磯松幸貞

I 緒 言

前報¹⁾では, 排水を純水と区別できなくなるまで希釈し, その希釈倍率の常用対数を指標(カラーインデックス)とする三点比色管法を報告した。本報では, 側溝などの流路の底の判別のアナロジーと思われる透視度法に着目し, 従来の二重十字の標識板にかえてコントラスト板を用いて測定し, 色と濁りを同時に評価する指標を検討したので報告する。

II 実験と測定結果

〔測定検水〕検水は, 濁度試験用カオリン液(半井100度), 色素水溶液(硝酸コバルト・硝酸ニッケル・塩化第二鉄・インジコカルミンなど, 特級試薬を水に溶解したもの。水酸化物沈澱が生じる場合は硝酸を添加), および, 実際の排水を用意し, これらを水で希釈または混合して用いた。濃度表示は, カオリン(N)一度, 色素(C)一原子または分子モル濃度, 実際の排水(X)一原排水濃度を1とする希釈した時の濃度であらわした。

〔透視度の測定〕JIS(K 0102)法で用いられている透視計を用い, 光源として, 北側窓昼光を用いた。照度は, 1,000 ~ 4,900 Lxであった。標識板は二重十字のかわりに図-1に示したような, 白色プラスチック円板に黒ぬりの透明度板(コントラスト板)を作って用い, 円板の白と黒のコントラストがかすかに判別できる位置で透視度値を測定し, 表-1に示した。

〔明度の測定〕上記の透視度測定がおわったのち, コントラスト板にかえて, 白色円板, または黒ぬりの円板を用い, 透視度値のところまで検水を満たして, 上から観察する。この時の色調を, 標準色票(JIS Z 8721)に照合して測定する。白色円板を用いた時の明度と, 黒ぬりの円板を用いた時の明度とを平均して, 透視度測定時の検水の明度(V)とした。(表-1)

〔反射率の測定〕コントラスト板に用いた白色プラスチック板(商品名・タキロン), および黒マジックでぬりつぶし

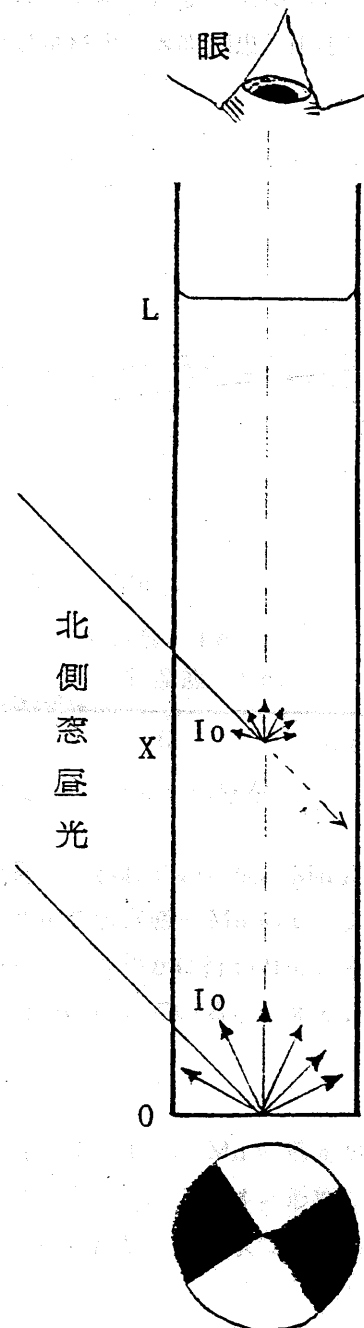


図-1 透視度法の概念図

表-1 検水濃度に対する透視度と明度

NAME: カオリン				NAME: TO-セシジコ									
1	N: 20.00	C: 0.00000	L: 39.30	1	X: 1.00	N: 0.00	C: 0.00000	L: 13.80					
2	N: 25.00	C: 0.00000	L: 31.50	2	X: 0.67	N: 0.00	C: 0.00000	L: 17.40					
3	N: 40.00	C: 0.00000	L: 21.10	3	X: 0.50	N: 0.00	C: 0.00000	L: 21.20					
4	N: 50.00	C: 0.00000	L: 17.40	4	X: 0.33	N: 0.00	C: 0.00000	L: 27.30					
NAME: Co				5	X: 0.33	N: 25.00	C: 0.00000	L: 18.20					
1	N: 0.00	C: 0.69500	L: 7.20	6	X: 0.33	N: 16.67	C: 0.00000	L: 20.20					
2	N: 0.00	C: 0.46300	L: 11.30	7	X: 0.33	N: 8.33	C: 0.00000	L: 24.50					
3	N: 0.00	C: 0.34700	L: 15.50	NAME: MI-セシジコ									
4	N: 0.00	C: 0.23100	L: 21.00	1	X: 1.00	N: 0.00	C: 0.00000	L: 11.00					
5	N: 0.00	C: 0.17300	L: 27.70	2	X: 0.67	N: 0.00	C: 0.00000	L: 15.50					
6	N: 25.00	C: 0.00463	L: 30.40	3	X: 0.50	N: 0.00	C: 0.00000	L: 20.10					
7	N: 25.00	C: 0.02310	L: 27.40	4	X: 0.33	N: 0.00	C: 0.00000	L: 27.20					
8	N: 25.00	C: 0.09260	L: 21.70	5	X: 0.33	N: 25.00	C: 0.00000	L: 17.10					
9	N: 25.00	C: 0.27800	L: 13.10	6	X: 0.33	N: 16.67	C: 0.00000	L: 19.20					
NAME: Ni				7	X: 0.33	N: 8.33	C: 0.00000	L: 22.50					
1	N: 0.00	C: 3.37000	L: 9.50	NAME: KA-セシジコ									
2	N: 0.00	C: 2.24000	L: 12.90	1	X: 1.00	N: 0.00	C: 0.00000	L: 18.30					
3	N: 0.00	C: 1.68000	L: 18.80	2	X: 0.67	N: 0.00	C: 0.00000	L: 23.20					
4	N: 0.00	C: 1.12000	L: 25.90	3	X: 0.50	N: 0.00	C: 0.00000	L: 28.20					
5	N: 0.00	C: 0.84200	L: 37.40	4	X: 0.50	N: 25.00	C: 0.00000	L: 17.40					
6	N: 25.00	C: 0.02240	L: 29.30	5	X: 0.50	N: 16.67	C: 0.00000	L: 21.00					
7	N: 25.00	C: 0.11200	L: 25.20	6	X: 0.50	N: 8.33	C: 0.00000	L: 24.00					
8	N: 25.00	C: 0.44900	L: 20.60	NAME: JS + Fe (C:1.85M)									
9	N: 25.00	C: 0.89800	L: 17.30	1	X: 0.50	N: 0.00	C: 0.00000	L: 7.10					
10	N: 25.00	C: 0.77230	L: 18.90	2	X: 0.33	N: 0.00	C: 0.00000	L: 10.90					
11	N: 10.00	C: 0.77230	L: 25.30	3	X: 0.20	N: 0.00	C: 0.00000	L: 16.30					
12	N: 3.33	C: 1.54400	L: 19.80	4	X: 0.13	N: 0.00	C: 0.00000	L: 24.30					
13	N: 25.00	C: 0.38600	L: 22.50	5	X: 0.13	N: 0.00	C: 0.25000	L: 16.90					
14	N: 50.00	C: 0.38600	L: 15.70	6	X: 0.13	N: 0.00	C: 0.15000	L: 17.50					
NAME: Fe				7	X: 0.13	N: 0.00	C: 0.07500	L: 20.40					
1	N: 0.00	C: 1.64000	L: 9.90	8	X: 0.13	N: 0.00	C: 0.03750	L: 21.80					
2	N: 0.00	C: 1.09000	L: 15.40	9	X: 0.13	N: 0.00	C: 0.02000	L: 23.60					
3	N: 0.00	C: 0.82000	L: 19.30	***NAME: New Def Fe=1 (C:1.85M)									
4	N: 0.00	C: 0.54600	L: 25.40	1	N: 0.00	C: 1.00000	L: 9.60						
5	N: 0.00	C: 0.41000	L: 36.50	2	N: 0.00	C: 0.50000	L: 20.70						
6	N: 25.00	C: 0.01090	L: 29.60	NAME: MA-セシジコ									
7	N: 25.00	C: 0.05460	L: 26.50	1	X: 1.0000	L: 18.00	NAME: SU-セシジコ						
8	N: 25.00	C: 0.24600	L: 22.50	2	X: 0.6660	L: 24.20	1	X: 1.0000	L: 17.50				
9	N: 25.00	C: 1.09300	L: 13.50	3	X: 0.5000	L: 28.80	2	X: 0.6660	L: 22.70				
10	N: 25.00	C: 0.60700	L: 15.90				3	X: 0.5000	L: 28.40				
11	N: 8.33	C: 0.60700	L: 21.30	N: カオリン濁度 X: 実際の排水を1とし希釈した時の濃度									
12	N: 2.66	C: 0.60700	L: 25.30	C: 色素濃度 (Mol/L), インジゴはmmol/L.									
13	N: 25.00	C: 0.30300	L: 19.90	L: 透視度									
14	N: 8.33	C: 0.30300	L: 34.00	V: 明度 (修正マンセル)									
15	N: 25.00	C: 0.12100	L: 24.90	※欄のFe濃度はCの値に1.85を乗じたもの									
16	N: 50.00	C: 0.12100	L: 16.00	図-2 コントラスト板の反射率									
NAME: インジゴ				波長 nm									
1	N: 0.00	C: 0.10700	L: 10.70										
2	N: 0.00	C: 0.07130	L: 17.50										
3	N: 0.00	C: 0.05350	L: 22.70										
4	N: 0.00	C: 0.03560	L: 37.00										
5	N: 25.00	C: 0.01980	L: 15.20										
6	N: 25.00	C: 0.00790	L: 24.20										
7	N: 25.00	C: 0.00200	L: 26.00										
8	N: 25.00	C: 0.00040	L: 27.70										
9	N: 8.00	C: 0.04760	L: 22.20										
10	N: 16.00	C: 0.04760	L: 18.20										
11	N: 4.00	C: 0.04760	L: 25.90										
12	N: 2.00	C: 0.04760	L: 30.60										
13	N: 0.00	C: 0.04760	L: 33.00										
14	N: 16.00	C: 0.02380	L: 22.60										
15	N: 32.00	C: 0.02380	L: 16.30										
16	N: 8.00	C: 0.02380	L: 31.50										
17	N: 16.00	C: 0.01190	L: 26.90										
18	N: 32.00	C: 0.01190	L: 18.40										
19	N: 64.00	C: 0.01190	L: 11.50										

N: カオリン濁度 X: 実際の排水を1とし希釈した時の濃度
C: 色素濃度 (mol/L), インジゴはmmol/L.
L: 透視度
V: 明度 (修正マンセル)
※欄のFe濃度はCの値に1.85を乗じたもの

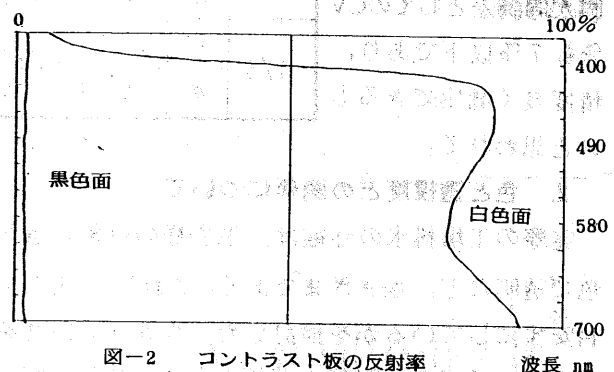


図-2 コントラスト板の反射率

た黒めり板の光反射特性を確認しておくために、日立積分球付 124 型分光光度計で反射率の測定を行った（図-2）。波長 400～700nm の可視部領域ではほぼ一定の反射率であり、白色面と黒色面、それぞれ 0.858 と 0.018 の平均反射率であった。また、カオリンを 10mm セルに入れ、日本分光 FP-550 A 型蛍光光度計を用いて、25 度、50 度、100 度ごとの散乱光量を求めたところ、450nm、557nm、650nm のいずれの波長でも、濃度に比例し、この濃度領域では、散乱光量すなわち反射光量がカオリン濃度に比例すると考えられた。そして、積分球付分光光度計でカオリン 25 度液の 10mm セルによる反射率を測定したところ、0.00884 であり、1 度あたり 0.000354 であった。

III 考 察

1. 着色水の評価のためにコントラスト板を用いる透視度法を採用する理由について

排水の色と濁りに関する苦情は、視覚的な総合判断であり、排水の流路の底が見えるか否かは、苦情判断の大きなポイントであると思われる。透視度法は、この苦情判断状況のアナロジーを測定原理としており、光路長も大きくとれて感度が長く、簡便な測定方法である。しかし、二重十字の標識板を用いているため、測定の終点に個人差が出やすく、特に、明度が低くなると測定者の視力も二重線の判別に大きく影響するように思えた。今回、標識板として図-1 に示したコントラスト板を用いることにより、測定の終点を見やすくして測定精度を改善しようとし、また、黒色部を大きくすることにより、黒色面も光反射面としてモデル化できるようにした。

表-2 には、実際の排水とその希釈水を検水とし（X は実排水の濃度を示す）、4 人の検査者により測定された透視度値

表-2 コントラスト板透視度法の測定精度と個人間誤差

について、検討したものである。一つの測定は 3 回くりかえし、その平均値（L）と標準偏差値（ σ ）を出し、L についてはさらに 4 つを平均し、標準偏差と個人間誤差 CV% を求めた。透視度が 5 以上の場合、測定精度 σ は、5% 以下であり、個人間誤差としての CV% も 7% 以下であり、精度良く測定できるものと思われる。

X	測定者	Y	S	A	U	平均	標準偏差	CV%
1	L	3.3	4.1	3.4	4.1	3.72	0.434	11.6
	σ	0.25	0.31	0.38	0.26			
2/3	L	5.1	5.8	5.3	5.8	5.50	0.355	6.4
	σ	0.12	0.20	0.15	0.12			
1/2	L	6.3	7.0	6.8	7.1	6.88	0.355	5.2
	σ	0.17	0.15	0.20	0.17			
1/3	L	9.4	10.5	9.5	10.8	10.05	0.704	7.0
	σ	0.41	0.30	0.10	0.44			
1/5	L	15.5	17.2	15.7	16.3	16.17	0.763	4.7
	σ	0.83	0.64	0.21	0.29			
1/8	L	23.1	26.6	23.6	24.3	24.40	1.547	6.3
	σ	0.20	0.29	0.40	0.89			

2. 色と透視度との関係について

実際の工場排水の外観は、牛乳様の白色不透明や、染色排水でよく見られる赤紫色の濁りや、有色で透明など、さまざまである。これらを一括して、透視度測定を行うとき、評価尺度として、何を目安にしているかを検討した。カオリン 25 度を一定とし、これに色素液を混合して模擬検水としたときの透視度と明度の関係を求めた結果（図-3）、青・赤紫・緑・黄赤のいずれの色相の検水も明度の対数に正比例して透視度が増加した。このことから、色素による吸光現象が、無彩色のコントラスト板を標識板として用いることにより、明度の低下に変換されることになったと思われる。

そして、明度の低下を見ると色相間には差がないように思われ、透視度の変化に対して明度が相関し、色相は相関しないように思われる。

また、カオリンを含まない色素のみの検水では、本実験の場合、透視度の大小や色相の差異には関係なく、明度はすべて1.5以下になった。これは着色水の苦情でよく耳にする言葉「まっくろに流れて……」に符合するものと思われる。なお、黄色の場合は明度が高く、透視度は測定領域以上となることも付記しておく。

3. 白色面と黒色面との明度差と平均明度

透視度法においては、上から透視した時の白色面と黒色面との明度差が測定値を決定するため重要であり、また、後の透視度実験式のコントラスト値を求めるためにも、明度差の値が必要であるため、明度差について検討した。

一般に、二つの明度が区別できる最小可知差異は、マルセン明度では、0.05といわれ、定義上から一定の値である。しかし、透視度法は、検水面を下降させながら、コントラスト板を知覚する動的な測定法であるため、明度差に対する感度は悪くなる。実験では明度を0.5きざみで読みとった。白色板と黒色板との明度差をdVとし、平均値を

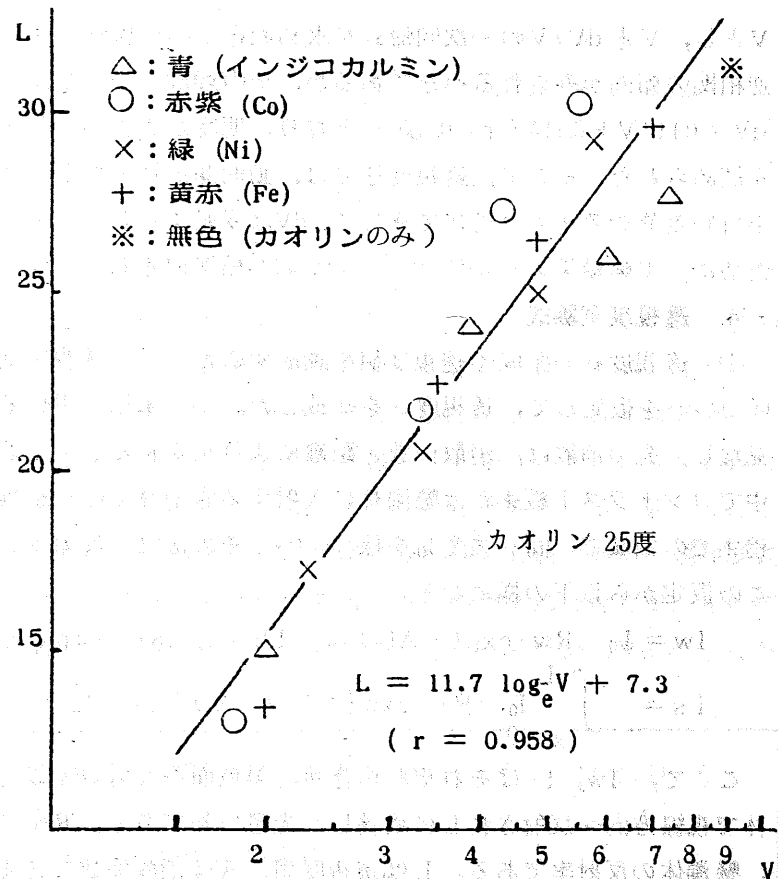


図-3 明度(V)と透視度(L)

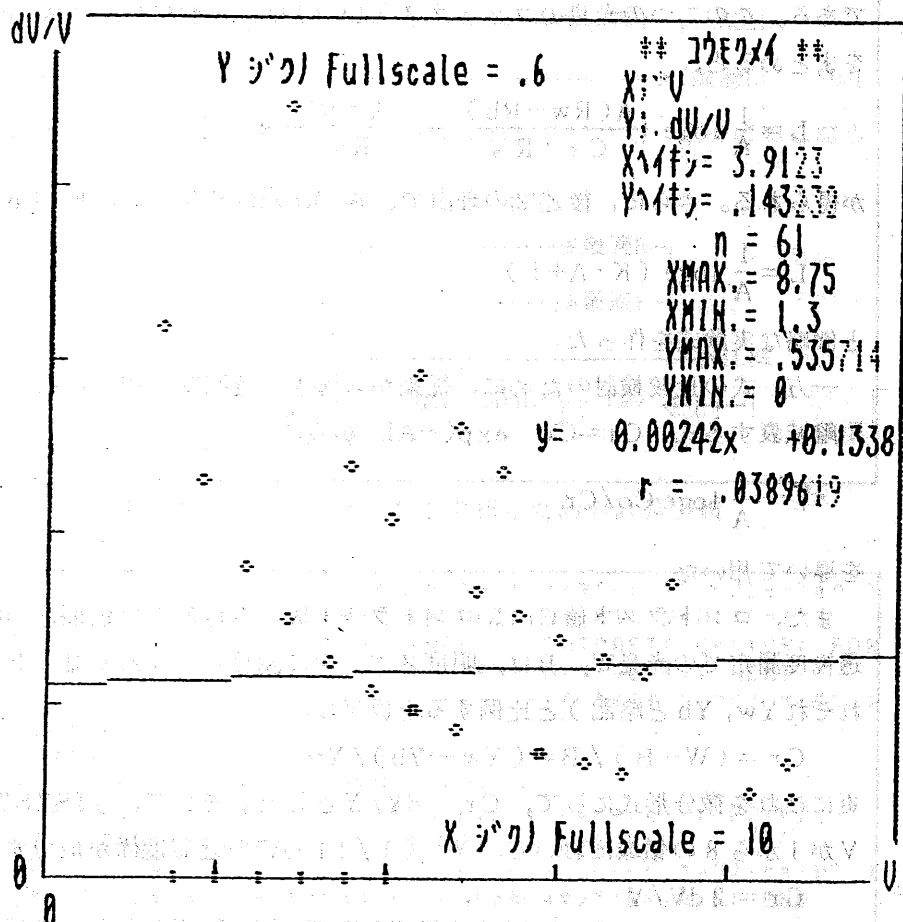


図-4 VとdV/Vの関係

Vとし、VとdV/Vの一次回帰式を求めたところ(図-4)、相関は全くなかった。定義上からは、逆相関の傾向がみられるべきであるが、その傾向は全くなかった。また、VとdVとの関係では、 $dV = 0.116V + 0.114$ ($r = 0.485$) となり、明度が大きくなると、明度差も大きくなる傾向がいくぶん認められた。そこで、透視度法では、動的測定法であるために一般的にいわれるような一定な最小可知差異の考え方は適用できなく、dVは変動するものと考え、透視度実験式のコントラスト値のために、実験結果の平均値 $dV/V = 0.143$ (標準偏差 0.117) を用いることにした。

4. 透視度実験式

(1) 透視度式の作成：透視度値を説明するために、透視度測定法の概念をもとに(図-1参照)

① ② ③を仮定して、透視度式を作成した。①. 本法で用いるコントラスト板を完全拡散反射面と見なし、光の消散は、消散係数と距離により決定する。②. 北側窓から入った昼光は、透視度計の中でコントラスト板または懸濁体に入射する直前までは、水層の下層0cmの位置から上層Lcmの近傍までの領域で、同一強度 I_0 を保つ。③. その後は、反射率が乗じられ、透過する水層で消散する。この仮定から以下の様になる。

$$I_w = I_0 \cdot R_w \exp(-AL), \quad I_b = I_0 \cdot R_b \exp(-AL)$$

$$I_s = \int_{x=0}^L I_0 \cdot R_s \exp\{-A(L-X)\} dx = I_0 \cdot R_s \{1 - \exp(-AL)\} / A$$

ここで、 I_w , I_b はそれぞれ白色面、黒色面を反射して後Lに到達した光量であり、 I_s は、懸濁体で視線方向へ反射されLに到達した光量の和である。 R_w , R_b , R_s は、それぞれ白色面・黒色面、懸濁体の反射率である。Lは透視度値、Aは消散係数である。透視度計を上から観察して、白色面方向から来る全光量(W)は、 $W = I_w + I_s$ 、黒色面方向から来る全光量(B)は、 $B = I_b + I_s$ である。この二つの光量のコントラスト(Cr)は、一般に $Cr = (W - B) / B$ であらわされる。以上をまとめると、

$$L = \frac{1}{A} \log_e \left\{ \frac{A(R_w - R_b)}{Cr \cdot R_s} - \frac{A \cdot R_b}{R_s} + 1 \right\} \quad (1式)$$

が得られる。さらに、後述(2)の理由で、 $A \cdot R_b / R_s$ を無視し、 $K = (R_w - R_b) / Cr / R_s$ として

$$L = \frac{1}{A} \log_e (K \cdot A + 1) \quad (2式)$$

と簡略な実験式を作った。

一方、式の比較検討のために、従来から海水の透明度に用いられており、円板のコントラストが距離減衰する式 $Cr = Co \exp(-AL)$ から、²⁾

$$L = \frac{1}{A} \log_e Co / Cr \quad (3式)$$

を導いて用いた。

また、コントラスト値 Cr は、コントラスト板の白色面と黒色面との明度差から求めようとした。透視度測定での光量W, Bは、明度スケールに関係している(Ⅲ-2)のために、色の刺激値Y(それぞれ Y_w , Y_b と略記)と比例すると仮定し、

$$Cr = (W - B) / B = (Y_w - Y_b) / Y_b$$

更にこれを微分形式にして、 $Cr = dY / Y$ とした。そして、JISZ8721の付表からわかるようにVが1から8の領域において、 $Y = (1 / 1.16) V^2$ の近似関係が成立するので、この関係を用いて

$$Cr = 2 dV / V \quad (4式)$$

とした。なお、消散係数の記号については、カオリンと色素それぞれについて、濃度あたりの消散

係数はRとE, 濃度ではNとCを用いた。実際の排水の場合は, 原排水の消散係数を A_0 とし, 原排水の濃度を1として, 希釈を係数として表わしXを用いた。そして, 消散係数は加成性が成立すると仮定して

$$A = A_0 X + RN + EC$$

(5)式

とおいた。

(2) 透視度式と測定値との照合: 式の適合性についての検討は, カオリンとCo液で例を示してある図-5の手順で行った。同一組成で濃度の異なる検水の, 透視度実測値と, 透視度計算式から求めた透視度値との差dLの平均Fが0となるような, 最適な濃度あたりの消散係数を求め, また, そのときのdLの標準偏差SDdLを求める。各々の式から求められたSDdLの大小比較を行い, 小さい式の方が, 実測値によく適合する正しい式と判断した。たとえば, (1)式のカオリンのみの場合は図-6の様な計算で最適Rと, SDdLを求めた。このようにして求めた結果を表-3, 表-4に示した。模擬検水について, (1)式と(3)式の結果を比較すると, ほぼ同様なSDdL値であり, 透視度式として優劣はつけがたい。しかし, (1)式は, 未知試料について毎回Rsを求めねばならず, 不便であり, 懸濁物がない場合は, (1)式が単純な光の反射のみを取りあつかっているために $R_s=0$ となり, 式が不合理となる。ここで,

Cr1, Cr2, Cr3
の場合, Crが
0.52から0.052
の領域におい
て, 各々のSD
dL値を比較
しても差がな
いことに注目
し, Kの値が
多少変動して
も, 透視度値
は変動しない
と考えて, (1)
式の実用化の
ために, $R_s =$
0.00884と固定

※式の適合性は 透視度値の計算値と実測値との差が 小さいほど良い

$$dL = L(\text{計算}) - L(\text{実測}),$$

$$F = 1/n \sum (dL), \quad SDdL = dL \text{ 群の標準偏差}$$

(1) 式の場合 $L = f(RN + EC)$

1) カオリンのみ: $(N, L) \xrightarrow{(F=0)} \text{最適R}, SDdL$

2) Co+カオリン: $(N, C, L) \xrightarrow{\quad\quad\quad} \text{(最適E)}, SDdL$

※計算は 三通りのCr値(0.52, 0.286, 0.052)について 別々におこなう

(2) 式, (3) 式の場合 $L = f(A_0 X + RN + EC)$

1) カオリンのみ: $(N, L) \xrightarrow{(F=0)} \text{最適R}$

2) Coのみ: $(C, L) \xrightarrow{(F=0)} \text{最適E}$

3) Co+カオリン: $(N, C, L) \xrightarrow{\quad\quad\quad} dL \text{ 群}$

F値, SDdLを 比較 ←

※Cr=0.286, (2) 式のKは332.4,

図-5 最適な透視度式および係数を求めるための計算手順

```

10 '----- ( ショキショウ ト テイキ ト テーダリニューリョク )
20 DEF FNL(CR,N,R,L)=LOG((2377/CR-50.9)*R+1)/R/N-L: R=.01: V=0: Q=1
30 INPUT "テーダリ カズ": I: DIM N(I),L(I),F(I): INPUT "CONTRAST: Cr": CR: FOR
  T=1 TO I: PRINT USING "N(##) , L(##)": T, T: INPUT N(T),L(T): NEXT
40 '----- ( サイキ カイズリ カイザン )
50 WHILE (Q<-.01 OR Q>.01): F=0: F2=0
60 IF Q<-.01 THEN R=R*.999: IF Q<-.1 THEN R=R*.9
70 IF Q>.01 THEN R=R*1.001: IF Q>.1 THEN R=R*1.1
80 FOR T=1 TO I: N=N(T): L=L(T): F(T)=FNL(CR,N,R,L): F=F+F(T): F2=F2
  +F(T)^2: NEXT: Q=F/I: WEND: V=(I*F2-F^2)/I/(I-1): D=SQR(V)
90 '----- ( ケツカ リョウジ )
99 PRINT " カオリン "; USING " Cr: .### R: .##### (SD, dL ##.##)": CR, R, D: END

```

図-6 (1)式でのカオリンのみの場合の計算例

して、Kを定数化する。Cr = 0.286 の場合、K = 332 となる。

また、 $A \cdot R_b / R_s$ は、相対的に寄与が小さいため無視することができることから、実用的な、透視度実験式(2)式が導かれる。(2)式も、(1)式や(3)式と同等程度の適合性が認められた。(2)式の透視度式の曲線と、透視度実測値をプロットして示したのが図-7である。この様に、無彩色、赤紫色、緑色、黄赤色の場合、透視度値 7 ~ 40 の領域で、式

表-3 模擬検水の適合 (Cr1 = 0.520, Cr2 = 0.286, Cr3 = 0.052)

式	色素液	Cr	(1)		(2)		(3)	
			※	#	※	#	※	#
Kaolin (N)	1		E or (R)	SDdL	SDdL/E	SDdL/F	SDdL/E	SDdL/F
	2		(0.00348)	1.21	1.60		1.21	
	3		(0.00450)	1.21	/		/	
Co (RP)	1		(0.00716)	1.20	0.00468		0.00629	
	2		0.868	1.04	1.24	0.92	0.89	1.23
	3		1.01	1.07	/	/	/	/
Ni (G)	1		1.39	1.10	0.878	0.066	1.02	0.32
	2		0.174	1.98	2.90	1.99	1.03	1.66
	3		0.199	1.93	/	/	/	/
Fe (YR)	1		0.268	1.89	0.134	0.842	0.167	0.30
	2		0.314	2.11	2.01	1.71	1.52	2.07
	3		0.358	2.00	/	/	/	/
Indigo carmine (B)	1		0.479	1.85	0.267	0.055	0.336	0.64
	2		4.97	3.04	4.19	3.47	1.27	3.63
	3		5.66	3.19	/	/	/	/
	1		7.55	3.47	2.98	1.98	4.07	0.15
	2							
	3							

(注) # : 色素のみ, ※ : 色素と Kaolin & # ; (2), (3) 式では Cr = Cr2

の適合性は、SDdL 値 2 以内と良好であるが、青色の場合、精度が悪かった。インジコカルミンの性状によるものか、青色系には測定誤差が出やすいものなのかは、今後、検討すべきである。

表-4 実際排水の適合 (Cr = 0.286)

式	sample	(2)				(3)			
		SDdL	Ao	SDdL	F	SDdL	Ao	SDdL	F
T	1	2.27	0.394	0.94	-0.134	3.33	0.480	2.92	0.76
	2	0.42	0.436	0.30	+0.017	1.59	0.518	1.51	0.35
	3	1.04	0.261	0.74	-0.026	2.79	0.329	2.29	0.45
Mi	1	0.66	1.39	0.60	-0.038	1.20	1.57	1.01	0.39
	2	0.72	0.254			2.53	0.323		
	3	0.54	0.266			2.18	0.334		
K	1								
	2								
	3								
J△	1								
	2								
	3								
Ma	1								
	2								
	3								
S	1								
	2								
	3								

(注) # : 排水のみ, ※ : 排水と kaolin (△では Fe, 硫酸々性)

次に、実際の排水について(2)式と(3)式とを比較すると、(2)式の SDdL 値は、(3)式の値の 1/2 以下であり、また、色素液や、カオリン液を添加した時の F 値も(2)式の方が小さいため、(2)式は精度が良く、かつ、透視度実測値とよく適合すると思われる。

以上の結果から、模擬検水および、実際の排水ともによく適合する(2)式を、本透視度法の実験式として用いることにした。

(3) 消散係数の加成性について：実際の排水にカオリンまたは色素(Fe)を添加して透視度を実測し、(2)式に代入して求めた消散係数 A をたて軸にとり、添加した濃度をよこ軸にとりプロットした(図-8)。この結果、Mi 排水からは、 $A = A_o X + RN$ 、J 排水からは、 $A = A_o X + EC$ の関係が見いだされ、あわせると、(5)式が成立し、消散係数の加成性の成立することが証明され、また、消散係数は、色と濁りを同時評価できる指標だと思われる。

5. 色濁度

消散係数をもとにした色と濁りを同時に評価する指標を、色濁度と定義し、カオリン濁度と比較した。まず、カオリンの透視度実測値をもとに、(2)式 (Cr = 0.286) に代入して消散係数を求め、こ

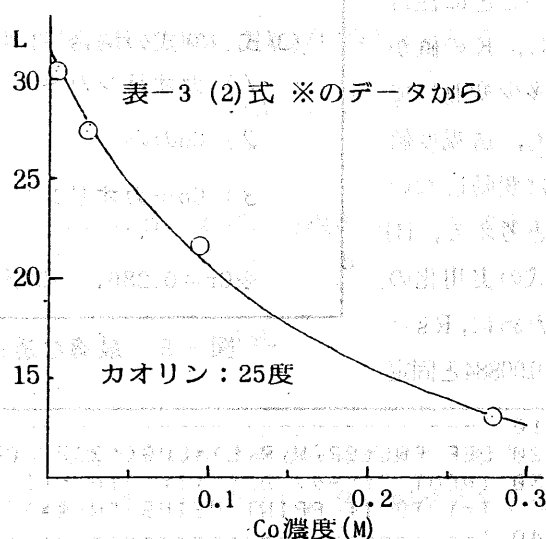


図-7 透視度と色素濃度

れと濁度との回帰式を求めた。 $N=177.2A+4.5$ 。本来ならば、 $A=RN$ の関係により、 N 軸の切片は0であるはずである。切片は測定誤差と考えると、この誤差に応じた測定スケール、色濁度 T を考え、誤差の2倍値を1単位とすると、 $N/9=T+0.5$ 、 $T=19.7A$ と定義し、四捨五入した整数値とする。例えば、透視度10, 20, 30はそれぞれ色濁度10, 4, 2となる。

実際の排水について、透視度(L)を測定し、色濁度(T)を求めた。また、光電色彩計を用い、30mmセル長で透過光測定の際に色差(dE)を求め、かつ、三点比色管法でカラーインデックス(CI)を求めた¹⁾。表-5には、それらの生データおよび、着色指標相互間の相互マトリックスを示した。 L は、着色が大きいとき値が小さくなるため、他の指標とは逆相関になる。 T は、 dE と高い正の相関があり、現場的な簡便な透視度法が、純水からかけはなれていることを示す色差値と同じ意味をもつ指標であると思われる。しかし、 CI とは相関が弱く、 CI とは別の意味をもっていることをうかがわせる。この指標の相関については、更に検討する予定である。

IV まとめ

透視度法を着色指標として用いるため検討した。従来の二重十字標識板にかえて、コントラスト板を用いたところ、個人間誤差は、 $CV\%7\%$ 以内であった。本法においては、検水の着色は、コントラスト板により明度の低下に変換されて、透視度値に対する色相間の差はなくなるものと思われる。透視度値は、実験式 $L=\frac{1}{A} \log_e(332.4A+1)$ であらわされ、消散係数は、実際の排水懸濁物、カオリン、色素液等の混合に対して、加成性が成立した。このことから、色と濁りを同時に評価する指標、色濁度を導いた。

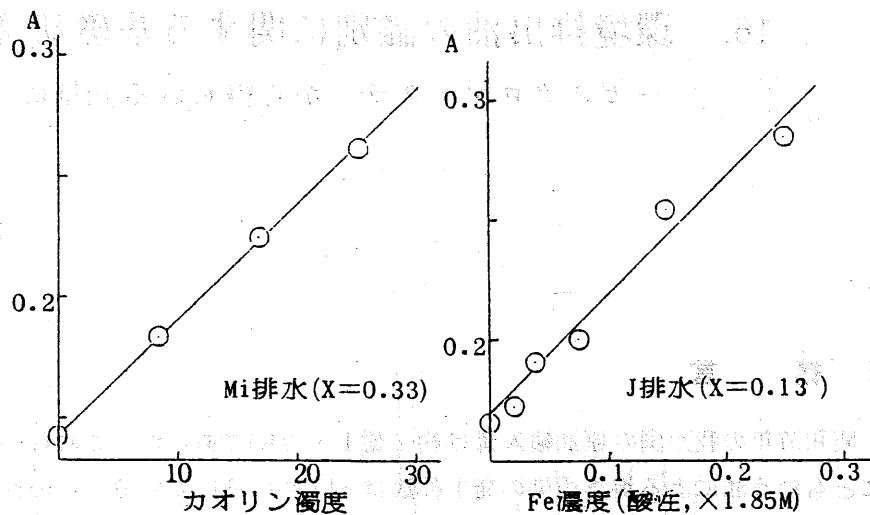


図-8 消散係数の標準添加法

表-5 色濁度と他の指標との比較

No.	L	T	dE	CI
1	21.4	4	21.7	17
2	8.5	12	57.4	22
3	10.2	10	49.4	17
4	7.5	14	55.7	17
5	7.3	15	58.8	22
6	33.0	2	19.0	17
7	31.0	2	14.2	7
8	13.2	7	26.9	27
9	30.5	2	21.7	22
10	16.7	5	24.2	17
11	8.8	12	55.4	17
12	9.1	11	53.3	27
13	11.8	8	47.1	32
L	1.000			
T	-0.926	1.000		
dE	-0.891	0.960	1.000	
CI	-0.441	0.296	0.382	1.000

参考文献

- 1) 山口他：本報 11, 211 (1981)
- 2) 海洋科学基礎講座「海洋物理 I」110, (1970) (東海大学出版会)