

排水の着色測定における基準着色度と簡易及び機器測定法について

三 好 康 彦 若 林 明 子

要 旨

着色排水の測定法—希釈法—に関して、着色の基準となる物質と着色度を定め、またそれらを使用した簡易測定法を提案した。さらに官能測定法である希釈法を機器測定で代替できることを明らかにした。

(1) 基準着色度

赤、青、緑、黄、黒の5色とした。また、着色基準物質はすべて化学合成染料とした。各染料について蒸留水500mlに溶解して着色度1000を示す量を表示した。

(2) 簡易測定法

基準着色物質で調製した着色度200、100、50、25の系列を各色相について作製し、試験水と比較して試験水の着色度を求める方法を提案した。希釈法の測定結果と比較すると標準偏差%は7.5%で十分実用化できると考えられた。

(3) 機器測定による着色度の測定方法

あらかじめ各色相に対する人の刺激の程度を求めておき、色の人に対する3刺激値を利用して希釈法による着色度を求める方法を開発した。本法を希釈法の測定結果と比較すると標準偏差%は12%で十分実用化が可能と考えられた。

キーワード：着色水、着色度、着色測定

Standard of Color Degree, Simple and Instrumental Measurement Method in Waste Water

Yasuhiko Miyoshi and Meiko Wakabayashi

Summary

Relating to "Dilution method" which is one of colored wastewater measurement methods, selection of materials, standardization of color degree and simple measurement method of colored wastewater are proposed. Moreover a proposal, in which Dilution method is possible to be replaced by instrumental measurement method, is made.

(1) Standards of Color Degree

Red, blue, green, yellow and black are selected as standard colors. All of them are chemical synthetic dyes. An amount of each material corresponding to 1000 colored degree in 500ml distilled water is specified.

(2) Simple Measurement Method

A method is proposed, in which colored degrees of wastewater are measured in comparison to standard color degrees that consist of a series of each colored degree 200, 100, 50 and 25. It is believed that this method is possible to be utilized in practice because of 7.5% standard deviation.

(3) Color Degree Measurement Method by Instrumental Measurement Method

Measuring degrees of human stimulus to each color using tristimulus values, a method of color degrees of waste water by instrument is developed. Compared to the results of Dilution Method, this method is believed to be of practical use because the standard deviation is 12%.

Keywords : colored water, color degree, color measurement

1 はじめに

1991年に当研究所で開発した希釈法¹⁾は、試験検水を蒸留水で希釈し順次、標準色(蒸留水)と比較して区別がつかなくなったときの希釈倍数を着色度として数値で表示するものである。

希釈法は東京都下水道局(平成5年6月、北部第二管理事務所着色排水問題連絡会議で採用決定)、和歌山市(条例)で使用されており、また、いくつかの自治体で採用が検討されている。民間においても採用しているところが次第に増加している。

この測定法には次の特徴がある。

(1) 全ての着色水のレベルを感覚的に分かりやすい数値で表現できる。

(2) 異なる色相の場合でも着色の程度を比較できる。

しかし、次のような問題点もある。

(1) 5人のモニターをそろえる必要がある。

(2) 連続測定ができない。

(3) 希釈作業に時間がかかる。

以上の問題点を考慮して、希釈法をさらに使用しやすくするために、基準着色度の設定、簡易測定法及び機器を使用して着色度を求める方法を検討した。

2 基準着色度の設定

(1) 基準色の選定

基準色の数が多いほど、実際の排水の着色に近くなるものが得られると思われるが、さまざまな中間色を希釈していくと、赤、青、緑、黄、黒のいずれかの基準色に近づいていくため、5色を基準色とした。

(2) 基準物質の選定

①選定条件

基準物質は以下のことを考慮して選定した。

・容易に入手可能である。

・分子構造が明らかである。

・物理的、化学的及び生物的に安定で、変色しにくい。

・安全性が高い。

以上を総合的に考慮すると、重金属着色物質より有機物着色物質の方が優れているため、後者を基準物質とした。

基準物質は次の6種類を選定した。

赤 : C.I. Reactive Red 120

(製造元: 日本化薬^株)

青 : C.I. Reactive Blue 5

(製造元: チバ・スペシャルティ・ケミカルズ^株及び日本化薬^株)

緑 : C.I. Direct Green 59

(製造元: ダイスタージャパン^株及び日本化薬^株)

黄 : C.I. Direct Yellow 86

(製造元: 日本化薬^株)

黒 : C.I. Direct Black 22

(製造元: 日本化薬^株)

(3) 基準着色度の調製

一定量の各染料を500ℓの蒸留水に溶解して着色度を求め、次に着色度1000になるように希釈して調製した各染料濃度を表1に示した。

表1 着色度1000に相当する染料濃度

(蒸留水500ml)

色相名	赤	青	緑	黄	黒
染料名	C.I. Reactive Red 120	C.I. Reactive Blue 5	C.I. Direct Green 59	C.I. Direct Yellow 86	C.I. Direct Black 22
溶解量(g)	0.004	0.022	0.024	0.022	0.071

(4) 水溶液における経時退色性

基準物質が水溶液で保存できるか確認するため、着色水溶液の退色性を調べた。退色試験条件は次の通りである。

①着色度1000の試験水を室温で遮光して保存

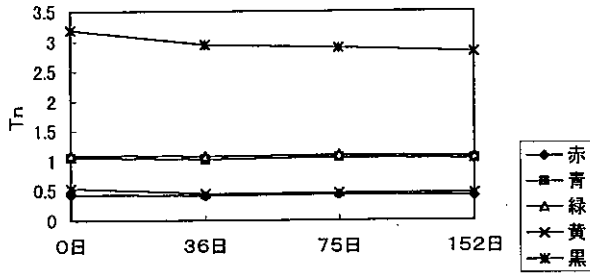


図1 着色度1000、室温、遮光保存の経時退色

退色試験開始152日経過後の状況を図1に示した。

なお、図中のTnは濃度に比例する値であるが、詳細については4の②式参照。

退色変化率を0日と152日のTnで見ると、赤5%、青2%、緑2%、黄14%及び黒11%で、退色は黄が最も大きかった。

②着色度100の試験水を冷暗所にして保存

同様な経過後の状況を図2に示した。

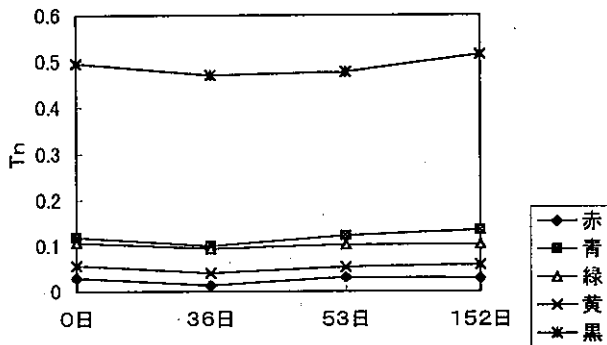


図2 着色度100、冷暗所保存の経時退色性

同様に退色変化率を0日と152日のTnで見ると、赤と緑はそれぞれ2%と3%であるが、青、黄及び黒のTnは増加し、それぞれ14%、3%及び4%であった。なお、着

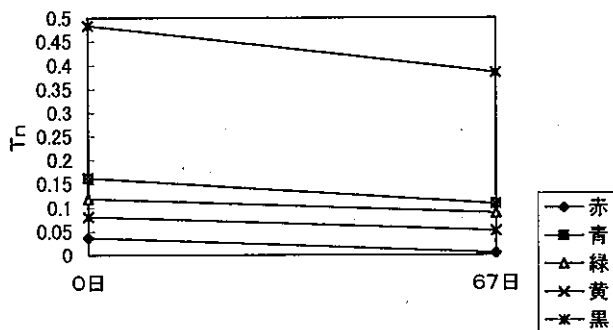


図3 着色度100、蛍光灯(300ルクス)のもとにおける経時退色性

色が増加する理由は不明である。

③着色度100の試験水を蛍光灯(約3000ルクス、温度20℃)に曝露して保存

退色試験開始67日経過後の状況を図3に示した。

退色変化率を0日と67日のTnで見ると、赤86%、青33%、緑25%、黄36%及び黒20%で、退色は赤が最も大きかった。

以上の結果から冷暗所保存では着色度100程度の低い値でも、最大で14%程度の着色度変化のあることが分かった。

3 簡易測定法

(1) 測定原理

基準色でいくつかの着色度の基準着色水を調製してならべておき、試験検水をそれらと比較することによって着色度を表示する方法である。

(2) 基準着色水の調製方法

1の基準着色水を蒸留水で希釈して、50mlのメスフラスコに50mlの着色度200, 100, 50, 25の基準着色水を調製する。

例えば、基準着色度1000から着色度200を調製する方法は、次のように行う。

基準着色度1000の溶液10mlを50mlのメスフラスコに入れて、蒸留水で50mlに希釈すると、着色度200の基準色が得られる。

(3) 操作方法

①排水の色相がいろいろあるときは、すべての基準色について着色度200, 100, 50, 25の基準着色溶液を調製する。

②着色度を調製した基準着色水は、着色度の大きいほうから順番にならべて、白紙の上に置く。

③白色の蛍光灯を基準着色水と同程度の高さから当てる。

④試験水は基準着色水と同様に50mlのメスフラスコに入れる。

⑤試験水の色相と基準色の色相を比較し、基準色に最も近い色相を決定する。

⑥決定した基準色相のうち、最も近い着色度を選択する。

⑦試験水の着色度が2つの基準着色度の中間にあると考えられる場合には、その両方の着色度の積の平方根とする。

⑧試験水の着色度が200以上あるときは、蒸留水で適当

に希釈し着色度を200から25の範囲になるようにし、希釈試験水の着色度に希釈した倍数を掛けて希釈前の試験水の着色度を算出する。

⑨以上の⑥から⑧の操作をモニター5人で行い、5人の平均値を算出して試験水の着色度とする。

(4) 実施例

都内染料工場の排水と合成着色水の5つの試験水について、5人のモニターで簡易測定法と希釈法の両方で試験を行い、両者の関係を調査した。

測定結果は表2に示した。なお、色相角は図4に示したようにx, y色度座標（後述の4機器測定参照）においてy軸から時計回りの角度である。したがって、色相角0度は色度座標では黄緑となり、90度ではだいたいから赤色の領域にあたる。

表2 簡易測定結果

着色排水の種類	簡易測定法 (着色度)		希釈法 (着色度)	色相	色相角 (θ)
	平均値 (着色度)	標準偏差%			
N染料工場	1500	28	1400	黒-灰	—
合成着色(1)	460	12	460	ピンク	162
合成着色(2)	540	16	540	黄緑	25
合成着色(3)	560	16	560	紫	184
合成着色(4)	840	17	1100	青緑	315

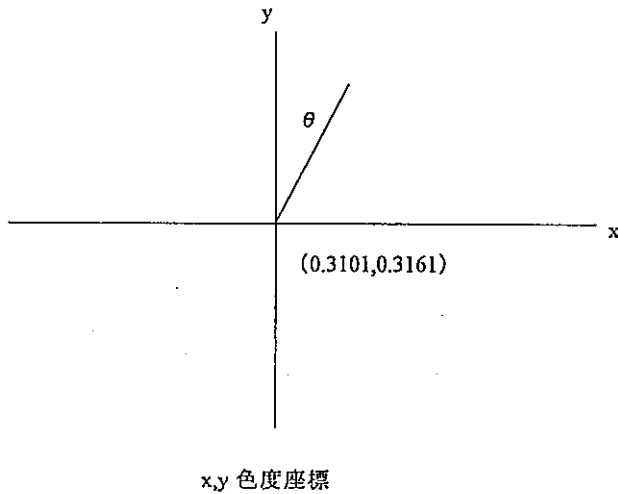


図4 色相角のとり方

表2から着色度の値が560以下では簡易測定法と希釈法の値は一致している。着色度の値が560以上になると希釈法と相違が生じているが、この程度の相違は実用的には問題ないと予想される。

(5) その他

上述した簡易測定法は、5人のモニターで試験を行ったが、1人で試験を行っても試験水の着色度が小さい場合には、希釈法の試験結果との差は縮小するため十分実

用的であると考えられる。

4 機器測定法

(1) 測定原理

あらかじめ各色相に対する人の刺激の程度を求めておき、3刺激値の測定値を利用して着色度を算出しようとする方法である。

(2) 3刺激値と希釈法の関係

3刺激値とは、色に対する視神経の感じ方が3種類あると考え、その3種類の視神経に対する刺激の割合によって色に対する感じ方が変わるとし、それぞれの刺激に与える波長を種類別に次式のX, Y, Zの系列にまとめ、透過%を集計して求めたものである。

$$X = 1/K \sum f_x(\lambda) \tau(\lambda)$$

$$Y = 1/K \sum f_y(\lambda) \tau(\lambda)$$

$$Z = 1/K \sum f_z(\lambda) \tau(\lambda)$$

$$x = X/(X+Y+Z), y = Y/(X+Y+Z)$$

ここに、X：刺激値X

Y：刺激値Y

Z：刺激値Z

K：100

$f_x(\lambda)$ ：波長λでの f_x

$f_y(\lambda)$ ：波長λでの f_y

$f_z(\lambda)$ ：波長λでの f_z

x, y：色度座標

今、色相nの試料の透過% Tと濃度 C_n には比例定数をkとすると、次の関係が成立する。

$$2 - \log T = k C_n \quad \text{----- ①}$$

次に、①式と同様にX, Y, Zとそれぞれの比例定数を k_1, k_2, k_3 とし、濃度を C_n とすると次式が成立するものと仮定する。

$$2 - \log X = k_1 C_n$$

$$2 - \log Y = k_2 C_n$$

$$2 - \log Z = k_3 C_n$$

これらの右辺と左辺をそれぞれ加えて T_n とおく。

$$T_n = 6 - (\log X + \log Y + \log Z) = (k_1 + k_2 + k_3) C_n \quad \text{----- ②}$$

②は T_n と C_n が直線関係にあることを表す。このことを青について図5に示した。したがって、②は濃度の低い領域ではほぼ成立するとみてよい。

(3) 希釈法との関係

希釈法による着色度 D_n は測定原理から濃度に比例す

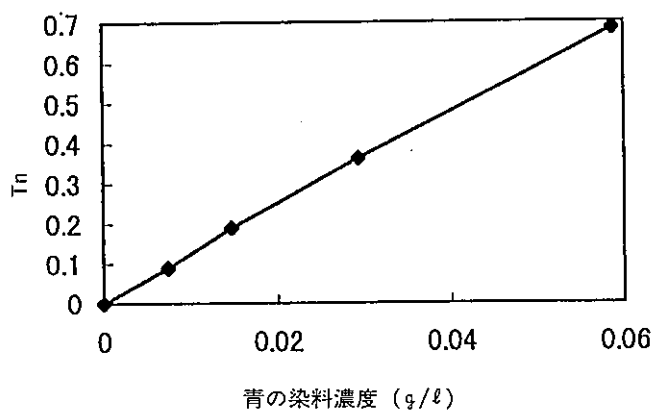


図5 青の染料濃度とTnの関係

るため、比例定数をk0とすれば、次式が成立する。

$$Dn = k_0 C_n \quad \text{-----} \quad \text{③}$$

②及び③からCnを消去すると、次式が得られる。

$$Dn = k_0 / (k_1 + k_2 + k_3) T_n = \alpha T_n \quad \text{-----} \quad \text{④}$$

ここで、ある試験水について、DnとTnをあらかじめ求めておけば、④からαの値を求めることができる。また、αが求めれば、Tnは機器測定から算出できるので、αを掛けてDnを求めることができる。

(4) 色相とαの関係

異なる色相についてαを図6に示した。横軸は色相を色度座標のy軸からの角度を時計回りにとって表示した。赤系統の領域ではαは大きな値を示し、青から緑にかけて、ほぼ一定の値を示した。

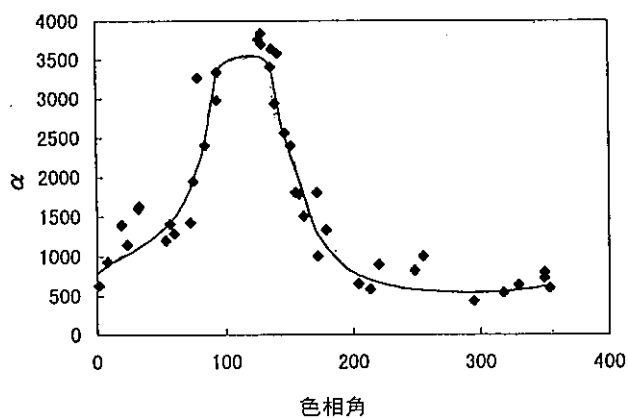


図6 色相角とαの関係

図6は基本色及び2色混合で作製した着色水を用いたものである。図6のαは濃度が異なり、3色以上の着色排水に適用するには、修正する必要がある。

図6における基本色及び2色混合液における座標点と

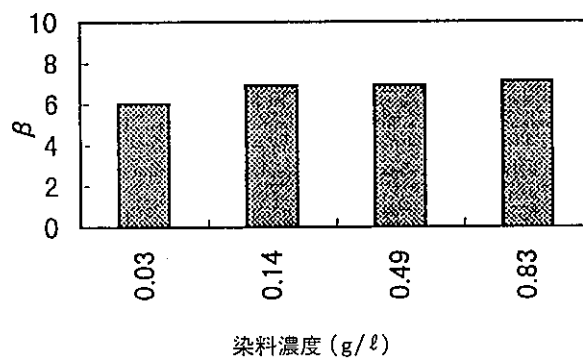


図8 赤い染料濃度 (g/l) とβの関係

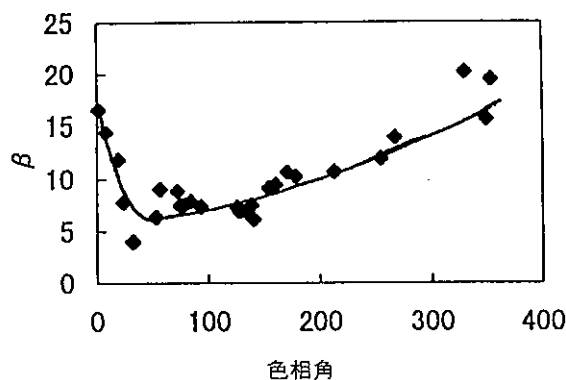


図7 色相角とβの関係

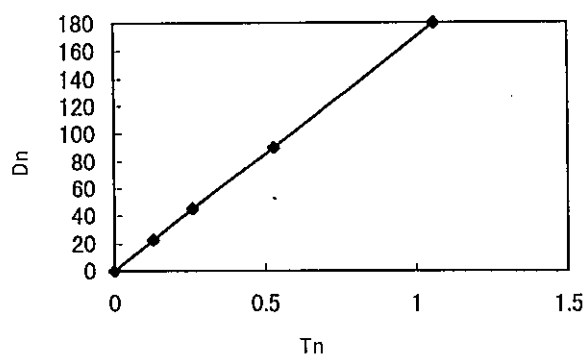


図9 黒の検量線

標準光の座標点 (0.310, 0.3162) との距離をdとすると、dは彩度を表す。

次にβ=Tn/dを各色相角に対して図示すると図7に示したようになる。βは図8に示すように同一試験水では濃度に対してほぼ一定の値となる。試験水に図6の曲

線を適用するためにはその試験水の $\beta' = Tn'/d'$ を求め、 α に β/β' を掛けて修正する。

なお、 β' が30以上では黒のDn-Tn直線の検量線（図9）からDnを求めることとする。したがって、式④は次のようになる。

$$Dn = \alpha Tn \beta / \beta' \quad \text{-----} \quad \text{⑤}$$

ただし、 $\beta' > 30$ ならば、黒のDn-Tn直線を適用する。
 以上はいずれもTnの値が1以下の領域で適用する。

表3 希釈法と機器測定の関係

試験水No.	1	2	3	4	5
希釈法	560	560	1100	400	560
機器測定法	590	590	1400	360	640
色相	赤	青紫	黄緑	赤紫	赤
色相角	89	179	26	148	81

(5) 実施例

表3に図6と図7を用いて合成着色水を測定した結果を示した。希釈法とほぼ一致しており、実用化が可能と考えられる。

5 おわりに

水質汚濁防止法には着色規制はないが、着色排水の問題を抱えている自治体では、独自の条例で測定方法を規定しているところがある。今後、水辺の環境を重視していく流水のなかで着色排水の測定方法は一層重要になるものと考えている。

なお、機器分析と希釈法を結びつけた本方法を「MNWK法」と命名した。

謝 辞

基準着色度の設定及び簡易測定法については「着色度標準液調製方法に関する検討委員会」を設置し、平井敏夫氏（財団法人日本色彩研究所理事長）、本村博文氏（日本電色工業(株)技術センター所長）、平木正紘氏（日本化薬(株)環境技術担当課長）等の各専門家から貴重なご指導をいただきました。

また、本稿をまとめるに当たり、平井敏夫氏（同上）、本村博文氏（同上）から貴重なご助言をいただきました。

引用文献

- 1) 三好康彦ら：着色排水の色の測定法（希釈法）について、東京都環境科学研究所年報1991年、P.160-164