

論文

## 着色排水の色の測定法（希釈法）について

三好康彦 西井戸敏夫 嶋津暉之  
木村賢史

### 要 旨

着色排水の色の測定を希釈によって表現する方法を着想した。「希釈法」は、着色した排水を希釈水で希釈して、目視により基準の希釈水と比較し、区別ができなくなった時点の希釈倍数を「着色度」として表示する。

この測定は、測定が簡単であるとともにすべての色の測定が可能であること、また、「着色度」の概念が感覚的に分かりやすい等の特徴がある。

#### 1 はじめに

現在、着色排水の色の測定法はいくつかあるが、すべての色の測定が可能で、また、感覚的にも分かりやすいものはない。例えば、「色度」は、「上水試験方法」に記載されているが、主としてフミン質による色相と同じ色調の色について測られるものである。測定は簡単であるが、さまざまな色がついている工場排水には適用できない。また、「単色表示法」は、「工場排水試験方法」に記載されている。この方法は、人の色に対する感覚を考慮した色の物理的表現としてはきわめて厳密である。しかしながら、刺激値や刺激純度等の数値表現がわれわれの色の感覚になじみにくい点がある。

こうした状況のなかで、着色排水を評価する方法について検討し、以下に述べる新しい方法（以下、「希釈法<sup>1)2)</sup>という。）を着想したので、提案する。

#### 2 測定法の概要

##### (1) 使用器具

###### ア 透視度計

液層の厚さ30cmのもの。ただし、底の標識板は黒線のない白色のみにする。透視度計の材質は石英ガラスかアクリルが望ましい。緑かかった色のガラスは好ましくない。

###### イ 共栓付きメスシリンダー

500mlのものを用いる。

###### ウ 希釈水

蒸留水（又はイオン交換水）を用いる。水道水は脱色作用のある塩素が入っているので使用しない。

###### エ 光源

白色蛍光灯を使用する。

##### (2) 操 作

###### ア 基準透視度計

希釈水を透視度計の30cm目盛まで入れて、これを基準透視度計として他の透視度計との比較に用いる。

###### イ 検水の調製

資料がSSを含まなければ、そのまま検水とする。資料にSSがあればろ紙5種Cでろ過し、ろ液を検水とする。

###### ウ 10倍列希釈検体の作成と着色の確認

検水50mlを共栓付きメスシリンダー500mlにとり、希釈水を加え全容を500mlとして10倍希釈検体を作成し、これを透視度計の30cm目盛まで入れて、基準透視度計と並べて上部から目視し着色を比較する。着色が確認できる場合は、共栓付きメスシリンダーの中の10倍希釈検体50mlを別の共栓付きメスシリンダー500mlにとり、希釈水を加え全容を500mlとして100倍希釈検体を作成し、これを透視度計の30cm目盛まで入れて、基準透視度計と並べて上部から目視し、着色を比較する、着色が確認できる場合は、先と同様にして1000倍、10000倍……の10倍列希釈検体を着色が区別できなくなるまで作成し、「区別可能」な希釈検体を決定する。

エ 着色の確認方法

基準透視度計と希釈検体を入れた透視度計を並べ、白色蛍光灯の光が両方に等しく当たる状態で上部から目視により行う。

オ 2倍列希釈検体の作成

「区別可能」な希釈検体の作成に用いた共栓付きメスシリンダーの中の希釈検体を透視度計の6cm目盛まで入れ、希釈水30cm目盛まで加えて混合し、「区別可能」な希釈検体の0.5倍希釈検体を作成する。次に、共栓付きメスシリンダーの中の「区別可能」な希釈検体を透視度計の30, 15, 7.5, 3.8, 1.9cm目盛まで入れ、希釈水をそれぞれ30cm目盛まで加えて混合し、「区別可能」な希釈検体の1, 2, 4, 8, 16倍希釈検体を作成し、これに上の0.5倍希釈検体を合わせ、6段階の2倍列希釈検体とする。

カ 着色度の計算

モニターは5人として、各モニターは、2倍列希釈検体の入った透視度計(順不同)について基準透視度計と比較して「区別可能」と「区別不能」を判定する。モニターごとの希釈倍数を常用対数値として次式で算出する。

$$Ca = (\log a_1 + \log a_2) / 2$$

Ca … モニターaの着色度の常用対数値

a1 … モニターaの「区別可能」の判定の最大積倍数

a2 = … モニターaの「区別不能」の判定の最小小希釈倍数

次に、各モニターの常用対数値を集計したのち最大値と最小値を除き(最大値, 最小値が複数個ある場合は、1個だけを除く)、残りの3者の値の平均値をCmとすると、検体の着色度Cは

$$\log C = Cm$$

したがって、C=10cm

となる。

表1に計算手続きの事例を示した。この事例では着色度は1100となる。

(3) 測定者

測定は5人で行うが、希釈法は官能法であるから色に対する個人差の懸念がある。特定の色に対して特に敏感な人、あるいは反対に特に鈍い人は、測定者として適切ではない。これら以外の者であれば測定者になれるが、疲れがあるとか、体調が良好でないとき、あるいは精神状態が不安定なときは測定を避ける。

表1 緑色排水におけるモニター(5人)テスト結果

モニター名	希釈倍数					備考		
	200	400	800	1,600	3,200	log <sub>31</sub>	log <sub>31</sub>	平均
1 A	○	○	○	○	×	3.21	3.51	3.36
2 B	○	○	×	×	×	2.60	2.91	2.76
3 C	○	○	○	×	×	2.91	3.21	3.06
4 D	○	○	×	×	×	2.60	2.91	2.76
5 E	○	○	○	○	×	3.21	3.51	3.36
最高・最低のAとBを省き、C、D及びEを平均すれば、Cm=3.06, log C=3.06, C=1100となる。								

注) 1. ○印は基準透視度計と比較して「区別可能」、×記しは「区別不能」を表わす。

現在、色覚検査法は、その目的によっていろいろな種類が考案されているが、着色排水の測定には、現在最も使用されている100ヒューテスト<sup>3)</sup>が望ましい。

この検査方法は、視覚的にほぼ等色差の85色相を選び、85枚の色票による色相配列検査である。検査には、適当な照明のもとでケースの中の色票をばらばらにして置き、両端の固定した色票を目安として、色相の変化の順に並べさせていく。被検者が並べ終わったら、結果をスコアシートに記入し、両隣りの色との差を独自の方法により総偏差点及び類型を判別する。

この方法によるスコアで16点までを色覚優秀者とし、50点までを測定の適格者と一応考える。図1は、この検査結果の事例である。

3 希釈法の特徴

a) 希釈法は官能測定であるため、この測定による着色度表示から排水の着色程度が感覚的に理解されることである。例えば、ある排水が着色度1000であれが、その排水を1000倍に薄めれば、着色が見えなくなると感覚的に理解される。

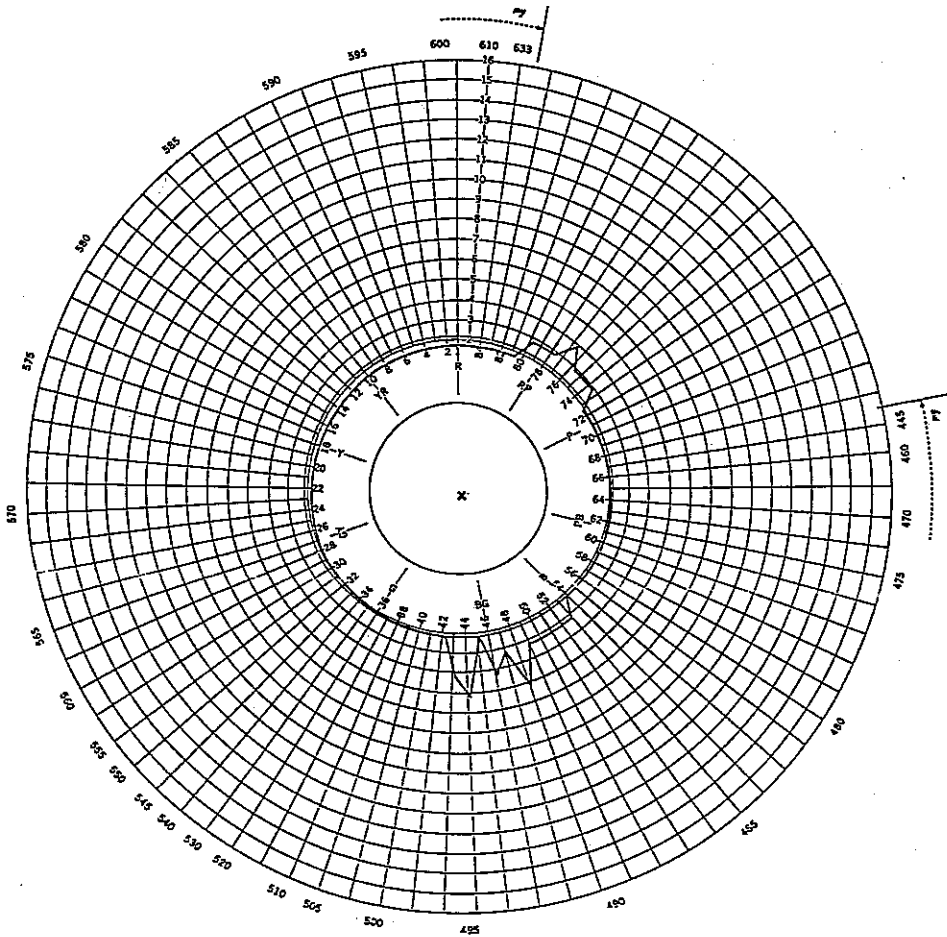
b) ある工場排水の量と着色度がわかれば、この工場の放流先の河川水量から、河川の概略の着色度がただちに求められる。

c) 希釈法は色の種類にかかわらず色全体の測定法であるから、脱色処理の効果判定に有用である。例えば、赤色が主成分である排水の脱色対策を行ったところ、赤色が別の色に変化した場合、特定の吸収波長でみれば対策効果は大きいと判断されるが、色を総合的に判断する

100 Hue COLOR CLERK

NO.	NAME																				⑦	AGE	54	DATE	90. 7. 18
85	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	ERRORS:			
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	G. TOTAL	24			
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	BOX 1	0			
46	46	44	48	47				52	51												BOX 2	0			
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	BOX 3	16			
											76	75	79	78							BOX 4	8			

F 3



註 この測定者の誤ったスコアは24であり、BG（青緑）を中心として間違いやすいこと、またRP（赤紫）付近にも間違いやすい点がある。  
 なお、山の高さは誤りの程度を示す。

図 1

この希釈法では、対策後に色全体が減少していなければ、すなわち、脱色対策後の着色度の減少がなければ、効果があったとは言えない。このように、希釈法は人の感覚に近い表示で色の総合的判定を行うことができ、実際的である。

#### 4 応用例

表2は東京都下水道局新河岸処理場が測定を行ったもので、工場A（排水口A）及び工場B（排水口B）の着色水を10, 12, 14時の1日3回サンプリングし、これらの排水が流入する下水処理場の流入水と処理水をそれぞれ11, 13, 15時にサンプリングして着色度等を測定したものである。ここではこれらの工場排水が下水処理場に到達する時間について、①双方の工場とも排水量が一定なこと、②安定した工程であることなどから原密に考慮しなかった。

工場Aの平均の着色度は6100、工場Bのそれは14時が

とくに高くなっているが、平均して260であった。下水処理場の流入水では平均の着色度90、処理水は56であった。色度について平均の値で見ると、おおまかな傾向は着色度の増減と同様な傾向を示した。しかしながら、個々でみると、色度と着色度の増減の関係は排水口Aでは一致しているが、排水口Bと下水処理場の流入水及び処理水では、一致していない。本来、白度/着色度は一定の値をとるため、色度の増減にとまって一定の比率で着色度も増減するはずであるが、色度標準液と全く同一の色相でなければ色度の正確な測定が困難になり、この関係は成立しない。この事例のように色度について測定上の問題点があったため着色度との関係が不明確になったものである。

一方、単色表示法<sup>4) 5) 6)</sup>では着色度の増減のように感覚的に分かりやすい数値表現になっていない。

表2 着色排水、流入下水、処理水の分析結果

試料採取日：平成2年1月25日， 天候：晴れ， 気温：5℃													
試料名	排水口A	排水口A	排水口A	排水口B	排水口B	排水口B	下水処理場流入水	下水処理場流入水	下水処理場流入水	下水処理場放流水	下水処理場放流水	下水処理場放流水	
試料採取時刻	10時	12時	14時	10時	12時	14時	11時	13時	15時	11時	13時	15時	
水温 (℃)	18	24	23	16	17	17	16	15	15	16	16	16	
色相	濃黒褐色	同左	同左	中黄褐色	同左	中茶褐色	中黄褐色	中黄色	中黄褐色	微黄色	同左	同左	
色度 (°)	8,000	12,000	8,000	800	1,600	1,600	500	300	400	300	200	100	
希釈法による着色度	5,600	7,100	5,600	110	110	560	89	71	110	56	56	56	
単色表示法	測定セル長 (mm)	10	10	10	10	10	100	100	100	100	100	100	
	測定上の希釈倍率	10	10	10	希釈せず	希釈せず	希釈せず	希釈せず	希釈せず	希釈せず	希釈せず	希釈せず	
	刺激値 X	74.2	74.5	83.6	61.7	62.4	64.2	46.6	57.3	52.8	82.7	83.7	82.3
	刺激値 Y	76.7	77.0	86.0	62.6	63.2	65.0	45.0	60.0	52.2	85.4	85.5	85.2
	刺激値 Z	54.6	53.4	77.2	50.6	52.2	55.2	11.3	28.8	26.1	77.0	78.6	76.8
	色度座標 x	0.361	0.364	0.339	0.353	0.351	0.348	0.453	0.392	0.403	0.337	0.338	0.337
	色度座標 y	0.373	0.376	0.348	0.358	0.355	0.352	0.437	0.411	0.393	0.348	0.345	0.349
	主波長 λ <sub>d</sub> (nm)	577	576	577	579	579	578	580	576	579	576	576	576
刺激純度 P <sub>0</sub> (%)	29.2	29.3	16.4	22.0	21.0	20.0	70.4	47.7	46.5	16.0	14.4	16.5	
刺激値 Y (%)	76.7	77.0	86.0	62.6	63.2	65.0	45.0	60.0	52.2	85.4	85.5	85.2	
透視度 (度)	2.5	2.0	4.0	3.5	4.0	2.5	10	6	8	60	75	85	
PH	7.3	7.6	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	8.3	7.2	7.0	7.0	7.0	
COD (mg/l)	1,840	1,860	1,270	350	380	330	100	93	81	19	17	17	

注) 排水口Aの単色表示法は10倍に希釈して10mmセルで測定した吸光度の値を濃度及びセル長の換算を行わずにそのまま計算に使用した。  
排水口Bの単色表示法は10mmセルで測定した吸光度の値をセル長100mmに換算せずにそのまま計算に使用した。

## 5 おわりに

「希釈法」による着色排水の色の測定法についてその原理と操作を中心に述べてきた。今後、多くの人にこの測定法で排水の色を測定していただき、不都合な点があれば改善していきたいと考えている。

この測定法をまとめるにあたり東京都下水道局新河岸下水処理場、山根輝夫水質係長には貴重なアドバイスと、実際の適用をした資料をいただき、感謝いたします。

東京医科大学霞ヶ浦病院、太田安雄院長には色感異常検査法について貴重なアドバイスをいただき、心から感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 三好康彦ら：排水の着色度(希釈法)について, PPM, 21, p. 8 (1990).
- 2) 三好康彦ら：同上, 東京都環境行政交流会第13号, p.48 平成元年度
- 3) 日本色彩学会編：新編色彩科学ハンドブック, 第13章, 東京大学出版会 p.477-478.
- 4) 川上元朗：色の常識, 日本規格協会, p.127-155.
- 5) 平井敏夫：色をはかる(はかるシリーズ), 日本規格協会, p.79-85.
- 6) JIS,KO102 (刺激値Y及び色度座標xyによる表示)