

排水の着色測定法の特徴と問題点

三好康彦 木村賢史

要 旨

排水の着色測定法について比較した。ここで取り上げたものは、色度、色汚染度、希釈法、3点比色管法、刺激値Y及び色度座標x yによる表示、色差表示法、透過率法である。測定原理、測定方法、測定法の特徴及び問題点について比較した結果、「希釈法」が次の点で最も優れていると考えられた。

- ① 測定結果の数値表示が感覚的に理解しやすいこと。
- ② すべての着色について測定ができること。
- ③ 数値による比較が可能なこと。
- ④ 測定が簡単なこと。
- ⑤ 脱色対策の判定に有効であること。

1 はじめに

筆者らは前報¹⁾で排水の着色測定方法について「希釈法」を提案した。「希釈法」は測定が簡単で測定結果も分かりやすい特徴があると筆者らは考えている。

現在、排水の着色測定法については、他にも多く存在するので「希釈法」も含めたそれらの種類と特徴及び問題点について比較、検討したので報告する。

2 測定法の種類と特徴

排水の着色測定法には、官能（視覚）による測定法と機器を用いる測定法がある。よく知られた測定法として、前者には、「色度」、「色汚染度」などがあり、後者には、「刺激値Y及び色度座標x yによる表示（単色表示）」、「色差」、「透過率（または吸光度）」などがある。

このうち、「刺激値Y及び色度座標x yによる表示」がJIS K 0102（工場排水試験法）に採用されているが、測定操作がやや複雑で、得られた結果が感覚的に着色と結びつきにくいなどの難点がある。その他に「3点比色管法」²⁾、「希釈法」と呼ぶ方法がそれぞれ山口³⁾ら、三好^{4,5)}らによって提案されているが、これらはいずれも官能測定法に属する。

以上の測定法はまた、色の濃さを視覚に訴える印象等

で補正して表示する方法と、色の濃さをそのまま表示する方法とに分類することができる。「色汚染度」、「刺激値Y及び色度座標x yによる表示」、「色差」、「3点比色管法」は前者であり、「希釈法」、「色度」、「透過率」は後者である。

ところで、これらの測定法の優劣を一概に論ずることはかなり難しい。それは測定の目的によって測定法を選択するのが現状ではもっとも妥当である、と考えた方がよいからである。

例えば、色相の変化がほとんどない工場排水であれば、着色の評価は測定操作がもっとも簡単な「透過率」で十分である。しかし、色相が日ごとに変わる染色工場排水では、「透過率」で着色を評価するにはおそらく限界があろう。

排水規制の立場から要請される着色測定法に、色の濃さを数値化して表現できるものであることは当然として少なくとも、次の2点は必要であろう。

- ① いろいろな色相について適用できること。
- ② ある程度の繰り返し精度が保証されること。

さらに、③測定が簡単であること、④測定結果の表示が感覚的に分かり易いこと、⑤懸濁物質を含んだ状態で測定が可能であること、などが望ましい。

現在では、上の全てを満足したものはない。

3 各測定法の特徴と問題点

(1) 官能測定法

ア 色度法

(ア) 測定原理

色度法は「上水試験方法」に記載されている。これによると「色度は、水中に含まれる溶解性物質及びコロイド性物質が呈する類黄色ないし黄褐色の程度をいい、主として地質に由来するフミン質による呈色と同じ色調について測られるものである」としている。活性汚泥処理を行っている下水処理場の処理排水は、一般にこのフミン質による呈色と同様な色をしている場合が多いので、このような排水の着色測定に色度法がよく用いられている。

(イ) 測定方法

濁度用比色管と透視比濁用暗箱を用い、試料と段階的に調製した色度標準液とを比較して、精製水1ℓに色度標準液の白金(Pt)1mg及びコバルト(Co)0.5mgを含むときの呈色に相当するものを1度として色度を算出する。なお、懸濁物質があるときは、遠心分離等を行い、上澄水を使用する。

(ウ) 特徴

- ① この測定法は、色の3属性のうち色相をフミン質と類似の呈色とみなして固定し、明度と彩度を分離せず1つの数値で表示する。
- ② 着色物質の濃度に着目した測定法であるから、着色の度合いが大きければ、色度もそれに従って比例的に大きくなる。例えば、色度が10,000以上になる着色排水の場合、視覚による印象では色の濃さの違いはほとんど区別がつかない。しかし、この測定法では、色度標準液と比較できる程度に試料を希釈するため、どのように着色の度合いが大きくても、その違いは明確な数値で表示される。

③ 測定は簡単で、測定コストが安価である。

④ この測定法は上水試験法であるが、下水処理場排水の着色測定などにもかなり古くから使用されているので、資料の蓄積がある。

(エ) 問題点

① フミン質と類似の呈色を定することであるから、これと色相が異なる着色は測定できない。

② 見かけ上、フミン質と類似な呈色であっても、厳密には同一のものは、現実にほとんど存在しない。したがって、測定者は試料を色度標準液と比較して同一か否か判断する場合、明度であわせるか、彩度であわせるか判断に苦しむことになる。そこで、測定者は、試料が色度標準液と共通する何かがあれば、該当するとして色度を算出することになり、その結果測定の精度の低下する傾向がみられる。

イ 希釈法

(ア) 測定原理

試料検水を蒸留水で希釈していき、標準色(蒸留水)と比較し区別がつかなくなった希釈倍数を着色度として数値で表示するものである。

(イ) 測定方法

① 測定器具として、30cmの透視度計(材質は石英ガラスか透明アクリルが望ましい)を用いる。ただし、底の標識板は黒線のない白色のものとする。

② 希釈水として蒸留水(又はイオン交換水)を用いる。

③ 試料に懸濁物質があれば、ろ紙5種Cでろ過し、最初の約50mlは捨て、その後のろ液を検水とする。

④ 検水を希釈水で10倍希釈し、希釈検体を透視度計30cm目盛まで入れて、基準透視度計(透視度計の30cm目盛まで蒸留水またはイオン交換水を入れたもの)と並べて上部から目視し、着色を比較する。

希釈検体の着色が認識できる場合は、さらに10倍ずつ希釈していき、この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。

⑤ 着色の確認は、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。

⑥ 「区別可能」な希釈検体について、0.5, 1, 2, 4, 8, 16倍の2倍列希釈検体を作成する。

⑦ モニター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。

次式にしたがってモニターごとの希釈倍数の常用対数値Caを算出する。

$$Ca = (\log(a1) + \log(a2)) / 2$$

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」の判定の最大希釈倍数

a2 …… モニター a の「区別不能」の判定の
最小希釈倍数

次に、各モニターの常用体数值Ca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、それぞれ1個だけを除外）、残り3者の値の平均値をCmとすると、検体の着色度Cは、

$$\log C = C_m$$

したがって、

$$C = 10^{C_m}$$

となる。表1に緑色排水の測定結果と着色度の計算手続きの事例を示した。この事例では着色度は、1,100となる。

備考1 モニターの資格者は、色覚異常検査法の100ヒューテストでスクリーニングを受けたものが望ましい。この検査方法は、視覚的にはほぼ等色差の85色相を選び、85枚の色票による色票配列検査である。この方法によるスコアで50点以下をモニターの適格者と一応考えるが、通常の者であれば特に問題はない。なお、モニター1人で判定する時は、「簡易測定」と記す。この場合のモニターのスコアは20点前後であることが望ましい。

備考2 測定精度について、モニター間の相違をみるため赤い染料を溶かした溶液を使用し、5組のモニター（計25人）で測定したところ着色度の平均値51,000、標準偏差 6,300で変動係数12%であった。ただし、この測定において、各モニターに対しスクリーニングを行ってはいない。

表1 緑色排水の測定結果

モニタ -名		希 釈 倍 数					備 考		
		200	400	800	1,600	3,200	log a ₁	log a ₂	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およびEを平均すれば、
C_m=3.06, log C=3.06, C=1,100となる
注) ○印は基準透視度計と比較して「区別可能」、×印は「区別不能」を表わす

(ウ) 特徴

① この測定は、検水を希釈していくと明度が著しく増加する一方、色相・彩度はほぼ認識できなくなるまで低下するため、色の3属性のうち明度を中心に、基準透

視度計（蒸留水であるから明度のみ存在）と比較して判定する方法である。

② 色度法と同様に着色物質の濃度に着目した測定法であるため、着色度は濃度に比例して直線的に変化する。

③ すべての着色のレベルを感覚的に分かりやすい数値で表現できる。例えば、ある排水が着色度 1,000であれば、その排水を 1,000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。

④ 異なる色相の場合でも着色の程度を比較することができる。

⑤ 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処理を次亜塩素酸ソーダで行ったところ、赤色が別の色に変色した場合、特定波長の吸収による判定では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この希釈法では、処理後で色全体が減少していなければ、いい換えれば、脱色処理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。これに対し、希釈法は人の感覚に近い表示で着色の総合的判定を行うことができる。

⑥ 工場などの場合、排水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、河川の着色度がただちに求められる。例えば、工場排水量4,000m³/日で着色度2,500であれば、放流先の河川水量50万m³/日とすると、着色強度（工場排水量×着色度）を河川水量で除し、

$$\text{放流先の河川水の着色度} = \frac{4,000 \times 2,500}{500,000} = 20$$

となる。

(エ) 問題点

- ① 5人のモニターが必要である。
- ② 精度が機器分析に比較して低い。

ウ 三点比色管法

福井県公害センターの山口ら²⁾が提案した方法である。

(ア) 測定原理

3本の比色管のうち1本に試料を入れ、他の2本に純水を入れてモニターに試料の入った比色管を選択させ、他の2本と区別がなくなってきた希釈倍率を算出式にしたがって処理し、カラーインデックス (CI) として表示する。

(イ) 測定方法

- ① 測定場所及び時刻

北窓側, 昼光時

② 測定操作

3本の比色管のうち, 2本の比色管には純水を入れ, 他の1本には試料を3倍, 10倍, 30倍……に希釈したものを入れる。これを白紙の上に置き, 上から見て, 色のついている比色管を選択する。このテストは, 不正解, または不明となった時点で終了する。

③ 表示方法

カラーインデックス (CI) 次のように定める。

$$CI = 10X$$

$$X = (\log a + \log b) / 2$$

ここで,

a : 正解である希釈倍率

b : 不正解, または不明となった希釈倍率

備考

再現精度について, 黄色溶液で1人の繰り返し測定を行った山口らの報告によると, CIの平均値46.5で標準偏差6.0, 変動係数13%であった (表2)。

表2 3点比色管法の再現精度

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	標準偏差	CV (%)
CI	42	47	42	42	42	57	47	47	42	57	46.5	6.0	13

また, 黄, 赤, 青の溶液について8人がCIを測定した例では, 標準偏差4, 変動係数8%であった。パネル数を3人以上とすれば, 得られるデータは, 90%以上の確率で母集団の平均値の10%の範囲にはいった (表3)。

(ウ) 特徴

① 試料を希釈して行き, 蒸留水の入った比色管と比較するので, 希釈法で述べたように明度を中心とした測定法である。

② 色に対する感覚の大きさが, ウェバー・フィフナーの法則に従うという前提に基づいて, 希釈倍数の対数をとっているため, 色の視覚的印象に沿った表示となっている。

③ 異なる着色排水に対しても着色の程度を比較することができる。

(エ) 問題点

① モニターが必要である。

② 精度が機器分析に比較し低い。

③ CIで表示された数値が, 人の視感による印象と一致しない。

④ 強い着色や弱い着色領域では, CIが着色の度合いに比例しないので, 脱色処理の効率算出には, 適用が難しい。

表3 3点比色管法の個人差

測定者	色		青	
	黄	赤	CI	1 - 2 P (%)
1	52	42	47	72
2	47	52	37	88
3	52	42	47	94
4	52	42	47	97
5	47	42	47	98
6	47	42	47	99
7	42	42	42	-
8	47	42	47	-
平均	48.3	43.3	45.1	-
標準偏差	3.5	3.5	3.7	-
CV (%)	7	8	8	-

(1 - 2 P) : 45 ± 4の範囲に入る確率 (%)

エ 色汚染度法

本法は川崎市公害防止条例に規定されているものである。

(ア) 測定原理

排水の着色を色相, 明度, 彩度の3属性に分離し, 相当する標準色票の番号で一定の算式により, 色汚染度を算出する。この測定法では, 明度と彩度だけを算式に取り上げ, 明度は彩度に対し3倍の重みをつけている。

(イ) 測定方法

以下に同条例の条文を示す。

排出水の浮遊物質を含む色汚染度の許容限度は, 次の式によって算出した値が, 排出水を希釈しないで12度以下とし, かつ当該排出水を蒸留水で1対1に希釈した状態で8度以下とする。

$$\text{色汚染度} = 3 (Vb - Vs) + Cs - Cb$$

備考

1) 「Vb」とは空試験の明度をいう。

2) 「Vs」とは試料の明度をいう。

3) 「Cs」とは試料の彩度をいう。

4) 「Cb」とは空試験の彩度をいう。

5) 明度及び彩度の測定は, 標準色票 (JIS Z 8721

準拠)及び容量300mlの化学分析用磁器ビーカー (JIS R 1303)を用いて次の方法により行うものとする。

① 試料を十分攪はんのうえ、水深が8cmになるようにビーカーに採取し、標準色票により明度及び彩度を求める。なお、この際の試料と標準色票との比較は原則として、JIS Z 8723 (表面色の比較方法)に準ずるものとする。

② 空試験は、蒸留水を用いて、(1)と同様の方法により行うものとする。

6) 色汚染度が2度から13度の測定範囲における繰り返し標準偏差パーセントは20パーセントから10パーセントである。

7) この規制基準は、自然現象に起因するものについては適用しない。

(ウ) 特徴

① 排水の着色を3属性に分離したが、表示方法として一つの数値にまとめて表示したことである。

② 算式には明度と彩度のみを取り上げ、彩度に対し明度に3倍の重みをつけたこと。

③ 人の視感の印象に沿った測定法である。

④ さまざまに着色した工場排水の測定に適用できる。

⑤ 測定は簡単で、測定に要する時間も余りかからない。

(エ) 問題点

① 測定結果の数値は、人の感覚とは無関係であるから、試料の色を見た印象と測定値とは感覚的に一致しにくい。

② 着色が著しい場合、色汚染度は理論上約30前後で一定となるため、この領域近くでの着色変化が数値的に表現できず、脱色処理の効果判定に使用することは困難である。

③ 標準色票は紙に印刷されているので、反射光をみることになるが、試料の色は透過光と反射光が混合しているため、試料の色を標準色票に合わせることも必ずしも容易ではない。

(2) 機器測定法

ア 刺激値Y及び色度座標⁶⁻⁹⁾xyによる表示

(ア) 測定原理

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混合割合によって色に対する感じ方が変わるとし、それぞれの刺激を与える波長

を種類別にX、Y、Zの系列(3刺激値)にまとめ、色度座標xyを算出し、刺激値Y及び色度座標xy(刺激純度と主波長)によって表示する。

(イ) 測定方法

① 吸収セル100mm付きの分光光度計を使用し、水を対照液として規定の各波長における透過パーセントをそれぞれ測定する。

② 試料に懸濁物がある場合は、ろ紙5種Cまたは孔径1μm以下でろ過するか、または約3000rpmで20分間遠心分離して、懸濁物を除く。

③ 3刺激値(X、Y、Z)及び色度座標xyは次式で求める。

$$X=0.09806 \sum_i \tau_{\lambda xi}$$

$$Y=0.10000 \sum_i \tau_{\lambda yi}$$

$$Z=0.11814 \sum_i \tau_{\lambda zi}$$

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

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

ここで、 $\sum_i \tau_{\lambda xi}$ 、 $\sum_i \tau_{\lambda yi}$ 、 $\sum_i \tau_{\lambda zi}$ は、それぞれX、Y、Zの各波長における透過パーセントの合計値である。

④ 刺激値Yの値は上式で求めた値とし、刺激純度及び主波長は「2度視野XYZ系による色度図」から求める。

(ウ) 特徴

① 試料の色の3属性を完全に分離して測定し、それらを別々に表示するので3属性の特徴が明確となる。

② 目の分光感度が算出式に考慮されているので、刺激純度は人の感覚と同様に色の濃さが識別できる範囲を超えると、一定となる。

③ 光学機器を使用するので、測定者による個人差がない。

④ 工場排水に適用可能である。

⑤ 測定は比較的簡単である。

(エ) 問題点

① 色の「物理」的表現として理論的で厳密であるが、Yの数値(明度)及び刺激純度(彩度)がわれわれの色の感覚と全く合わない。

② 着色排水の規制に適用するとすれば主波長(色相nm)、Y(明度%)、刺激純度(彩度%)のうち、Yと刺激純度だけを使用することになる。実用的には色汚染度の算出のように、これらをさらに1つの数値にまとめる

ことが必要である。

③ 強く着色した排水では、刺激値Yは $10^{-2}\%$ 以下となり、一方刺激純度Peiは100%で一定となるため脱色処理の効果の判定には適用困難である。

イ 色差表示法

(ア) 測定原理

「刺激値Y及び色度x yによる表示」よるX, Y, Zの3刺激値は色の認識の絶対値を表わすが、「色の濃さ」あるいは「色の程度」が感覚的に分かりにくいいため、ある基準の刺激値と比較してその差を色差として表現する。

(イ) 測定方法及び表示方法

3刺激値X, Y, Zは(ア)で述べた方法と同様にして求める。この3刺激値を使用して算出する色差には多くの方式があるが、次の式が最も多く使用されている。

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

ここで、 X_n, Y_n, Z_n は照明に用いた標準光の3刺激値である。X, Y, Zは対象としている物体色の3刺激値である。基準の3刺激値（通常蒸留水）との差をそれぞれ $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$ とすれば、色差は次の計算式による。

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

(ウ) 特徴

① 光学機器を使用するので、測定者による個人差がない。

② 「刺激値Y及び色度x yによる表示」における刺激純度と同様に色差値も色の濃さが識別できる範囲を超えると、一定となる。

③ 工場排水に適用可能である。

④ 色の3属性を1つの数値で表した点は「刺激値Y及び色度x yによる表示」より便利である。

⑤ 3刺激値が既知であれば、計算機によって簡単に色差を求めることができる。

(エ) 問題点

① この方法も算出された数値と実際の排水の色の感覚的濃さが必ずしも一致しない。

② 強く着色した排水では、色差の変化がほとんどないため脱色処理の効果が把握できない。

ウ 透過率法

(ア) 測定原理

試料に特定波長の光を透過させたときの透過率の大きさで着色の程度を表すものである。

(イ) 測定方法

① 吸収セル100mm付きの分光光度計を使用し、水を対照液として測定波長における透過%を測定する。ただし、吸収セルは、試料の濃度によって10または50mmを使用してもよい。また、測定波長は溶解物質によって異なるが、例えば、試料の最大吸収ピークに相当する波長、最大吸収ピークから2つまたは3つまでに相当する波長、あるいは視覚の感度が最も高いと言われている560nmなどをを用いる方法がある。

② 試料に懸濁物がある場合は、ろ紙5種Cまたは孔径 $1\mu\text{m}$ 以下でろ過するか、または約3,000rpmで20分間遠心分離して、懸濁物を除く。

(ウ) 特徴

① 測定は簡単である。

② 光学機器を使用するので、測定者による個人差がない。

③ 溶解物質の濃度に応じた透過率が得られる。

(エ) 問題点

① 使用する波長は最大吸収に相当するもののほかにいくつかあるが、いずれにしても試料によって使用する波長が異なるため、色相の異なった試料の着色の程度を比較することは本質的にできない。

② 官能測定法による測定結果と逆になる例がある。例えば、赤の染料は人に最も敏感な色であるが、これに緑の染料を少し混ぜていくと赤い色相は減少して、紫色になる。この試料について、赤い染料の吸収ピークに相当する波長で透過率を測定すると透過率には変化がない。しかし、最大吸収ピークから2つまでの透過率をとると緑の吸収があるため透過率は低下する。このことは透過率でみる限り、前者では着色に変化はないが、後者ではより強く着色したことになる。しかしながら、官能測定法のうちの希釈法で測定すると、人に敏感な赤色が人に感じにくい紫色になったため着色度は大幅に低下し、透過率法と逆の傾向を示すこととなる。

③ 着色が著しいときは適当に試料を希釈して測定を行うが、希釈倍率で透過率を元に戻すと透過率がきわめて小さくなり（例えば、 $10^{-4}\%$ ）、感覚的に理解しにくいところがある。

4 各測定法による測定結果の事例

4工場（4工場の排水名A, B, C, D）の着色排水を色度法, 色汚染度法, 希釈法, 刺激値Y及び色度座標xyによる表示法（単色表示法）, 色差法, 透過率法で測定した結果を表4に示した。各工場とも10時, 12時, 14時の排水を採取した。

表4から以下のことが考察される。

(1) 着色のレベルが高くなると, 色度と希釈法による測定値は比例的に大きくなるが色汚染度, 単色表示及び色差表示では測定値が一定となっている。したがって, 色汚染度等ではこの領域での着色レベルの変化を見ることはできない。透過率法では着色のレベルが高くなると透過率が極めて小さな数値になっている。

(2) 色度法では, 例えば排水Bの12時排水の試料のようにフミン色ではない淡青色の排水は測定できないのは当然である。排水Cでは希釈法と相関が全くなくなっている。これは着色排水が厳密にPt-Co色をしていないので測定が困難となったものと考えられる。

(3) 色汚染度法によると排水Aでは1:1に希釈した方がかえって色汚染度が高くなっている。これは彩度が増加したためと考えられるが, この点が色汚染度法の欠点である。

(4) 希釈法は, 他の測定法による測定値が同一の場合でも（例えば, 排水Aの10時と14時の試料の色度, あるいは排水Cの12時と14時の試料の透過率）, 着色度が異なることから着色の変化に対し鋭敏であり, 着色レベルを明確に表していると考えられる。

(5) 透過率法について, 排水Bの12時と14時の測定値を希釈法と比較すると, 希釈法では着色度450から71に減少している。もし, 透過率法が着色レベルを表示できれば, 希釈法の結果と矛盾してはならず透過率は増加しなければならぬ。しかし, 透過率は54%から53%に減少している。このように透過率法は着色レベルを正しく表示しないことがある。

以上の測定方法を測定法の分かりやすさ, 測定時間等で評価すると表5のようになる。

表4 着色排水の分析結果

試料採取日：平成2年8月7日, 天候：晴れ, 気温：33℃													
試料名	排水A	排水A	排水A	排水B	排水B	排水B	排水C	排水C	排水C	排水D	排水D	排水D	
試料採取時刻	10:00	12:00	14:00	10:00	12:00	14:00	10:00	12:00	14:00	10:00	12:00	14:00	
(1) 色相	濃茶褐色	同左	同左	淡緑黄色	淡青色	微黄緑色	中度赤褐色	同左	同左	濃黒褐色	同左	同左	
(2) 色度(度)	5,000	4,000	5,000	400	測定不能	400	400	160	3,200	30,000	5,000	10,000	
(3) 色汚染度	希釈せず	22	22	22	18	26	12	21	21	21	26	26	
	希釈(1:1)	23	24	23	13	20	5	15	18	17	26	26	
(4) 希釈法による着色度	4,500	2,800	5,600	71	450	71	140	350	140	8,900	2,800	5,600	
(5) 単色表示法	刺激値Y (%)	1.14	6.53	7.95	23.22	6.61	6.97	11.42	6.52	6.91	5.11	1.85	
		$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$							$\times 10^{-11}$	$\times 10^{-3}$	
	主波長 λ_d (nm)	638	626	627	557	497	498	587	590	589	700	700	700
	刺激純度 p_s (%)	100	100	100	22.4	18.9	29.9	78.2	84.0	85.8	100	100	100
(6) 色差表示法	L*a*b*法 ΔE^*_{ab}	99.90	99.48	99.39	51.10	72.14	74.68	75.98	83.83	82.78	100	99.983	
	L*u*v*法 ΔE^*_{uv}	99.90	99.45	99.34	53.95	71.62	74.77	85.02	87.86	87.76	100	99.983	
(7) 透過率法	100/セル長 \times 希釈倍率	50	50	50	4	4	4	4	4	4	200	50	
	透過率(550nm) (%)	73	77	78	72	54	53	56	47	47	37	55	
(8) 透視度(度)	4	5	5	3	5	5	9	8	9	9	0.5	1	
(9) pH	7.0	7.2	7.0	6.3	6.1	6.2	6.8	6.7	6.8	6.8	7.9	7.5	
(10) COD (mg/l)	1,210	940	1,160	110	120	140	64	75	82	1,850	190	270	

表5 濃度範囲の広い着色排水の着色度合の測定法比較

	測定法	測定法の 分かり易さ	測定 時間	データ 処理時間	繰返 精度	データ の蓄積	設備 費用
(1)色 度	目 視	○	○	○	×	×	○
(2)色汚染度法	目 視	×	○	○	×	×	○
(3)希釈度法	目 視	○	△	○	○	○	○
(4)単色表示法	分光計	×	○	×	○	×	×
(5)色差表示法	分光計	×	○	×	○	×	×
(6)透視率法	分光計	○	○	○	○	×	○

○ 適している
 × 不適
 △ 中間
 * コンピューターを使用すれば○
 ** コンピューター付き分光計使用

5 おわりに

これまで排水の着色測定法について、それぞれの特徴と問題点の概要を述べてきた。これらの中で、筆者らは、希釈法が感覚的に分かりやすく、あらゆる色に適用でき、また5人のモニターで行えば測定値の変動率は12%程度であるので、有望な測定法ではないかと考えている。現場では、簡易測定法として1人で測定しても排水の着色管理に十分に耐えることができる。

平成3年9月、全国的にもめずらしい「和歌山市着色排水等規制条例」が和歌山市で制定された。この「着色等規制条例」で、筆者らが提案した「希釈法」が採用されている。今後、「希釈法」がこれを契機に普及してい

くならば、これまでまちまちであった着色レベルの共通認識が高まり、それが排水の着色対策の進歩に大きく貢献していくものと考えている。

謝辞 下水道局新河岸処理場から表4及び表5について調査資料を使用させて頂き感謝します。

参 考 文 献

- 1) 三好康彦, 西井戸敏夫ら: 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, p.160.
- 2) 山口慎一, 宇都宮高栄ら: 着色水に関する調査研究(第2報), 福井県公害センター年報, 8, p.211 (1981).
- 3) 三好康彦, 西井戸敏夫: 排水の着色測定の方法と問題点, 公害と対策, 27, 8, p.3 (1991).
- 4) 三好康彦, 西井戸敏夫: 着色排水の色の測定法(希釈法)について, 東京都行政交流会誌 平成元年度, p.48 (1989).
- 5) 三好康彦, 西井戸敏夫: 排水の着色測定法, PPM, 21, 2, p.8 (1990).
- 6) 新編色彩科学ハンドブック, 日本色彩学会編(東京大学出版会)第13章, p.477 (1985).
- 7) JIS K 0102 (刺激値Y及び色度座標x yによる表示).
- 8) 川上元朗: 色の常識, 日本規格協会, p.127 (1986).
- 9) 平井敏夫: 色をはかる(はかるシリーズ), 日本規格協会, p.79 (1989).