

水質総量規制における下水処理水の水質常時監視の現況

大阪市下水道局 谷 尤 樟 隆一郎 福智 真和
〃 〇加藤 哲二 巽 敬一

1 はじめに

広域的閉鎖性水域の水質汚濁の防止を図るため、瀬戸内海、東京湾ならびに伊勢湾の三水域で、CODに係る水質総量規制制度が、既設の指定地域内事業場にあつては、昭和56年7月1日（新設の場合は、昭和55年7月1日）から実施されている。特に、日平均排水量400m³以上の事業場では、水量・水質の状態を自動計測器により計測、記録することが義務づけられている。大阪市においては、これに該当する事業場は、下水処理場、工場あわせて計22事業場で、大阪市環境汚染監視センターとテレメータで結び、集中監視を行っている。また、市内河川の水質についても10定点において、連続測定を行い、同様にテレメータで結び、中央監視局において、総合的に水質監視を行っている。本市は下水道整備が進み、その人口普及率は昭和58年度末で98.9%に達しているため、公共用水域へのCOD排出負荷量の約99%が下水処理場放流水によるものである。従つて、ここでは下水処理場におけるCOD自動計測の現況について、過去2年間の集積データに基づき、自動計測器の稼働状況、データの信頼性・再現性および換算式の検証等を行い、二、三の知見を得たので報告する。

2 処理場における水質常時監視の概要

(1) 水質常時監視装置

下水処理場で使用している水質常時監視装置は、UV計9処理場（14測定点）、COD計1処理場（1測定点）、TOC計2処理場（2測定点）の合計12処理場（17測定点）である。

監視装置の選定にあつては、1年余のフィールドテストによつて得た測定対象水質のデータの信頼性・再現性等の調査結果に基づいて、UV計が機器の構造が簡単で、かつ設備費が安価であり、しかも維持管理が容易なことから、その適合可能な処理場においてはUV計を、指定計測法との相関が悪くUV計が適合しない処理場においては、COD計またはTOC計を使用することとした。

(2) 監視装置の保守管理

監視装置の日常点検は、計測部、演算部、採水部および伝達部について、主として目視により毎日行い、装置の正常作動確認および機器異常の早期発見につとめている。また、作業点検仕様を作成し、装置の定期的な保守点検を委託して、2週間に1回、装置各部の洗浄・清掃・調整・校正・測定ならびに部品の交換を行い、さらに3ヶ月ごと、6ヶ月ごと、1年ごとに総合点検を行い、満足すべき計測値を確保し、欠測の頻度を出来る限り少なくするように努めている。

(3) データ解析

汚濁負荷量を算出する場合は、自動計測器で計測した値を換算式を用いて、指定計測法のCOD値に換算しなければならない。従つて、汚濁負荷量をより正確に把握するためには、信頼度の高い換算式を求めることが重要である。そこで、1週間に1回、定期的に処理水をサンプリングし、指定計測法のCODを測定し、自動計測値の検定試験を実施している。加えて、3ヶ月ごとに最新1年間のデータをプールして換算式を求め、現在用いている換算式との間で、二つの直線回帰式の差の検定を行い、有意差が認められた時は、その原因を検討して、現行換算式、新換算式のいずれを使用するかを決定する。データ解析フローシートは、おむね図1のとおりである。

3 自動計測器の稼働状況

UV計（10測定点より2測定点を任意抽出）、COD計およびTOC計について、56年、57年の過去2年間の稼働状況を表1に示した。データ欠測原因を考慮せずに算出した平均稼働率は、UV計の場合それぞれ、

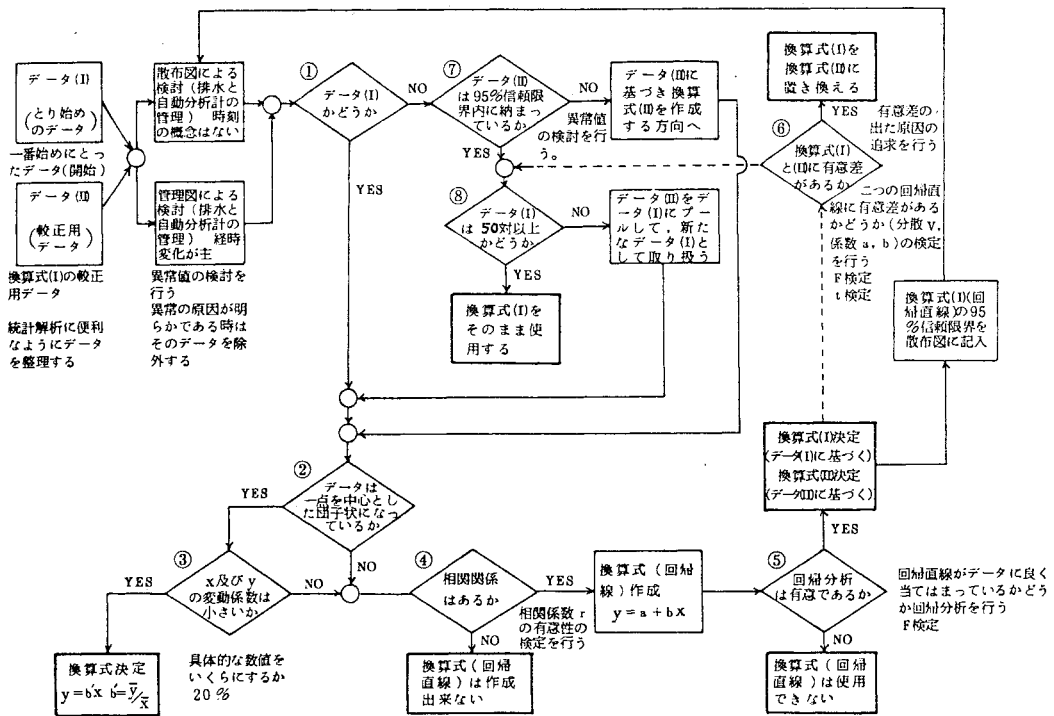


図1 データ解析のフローシート

9 6.5 %、9 2.6 %、TOC計の場合、9 3.6 %、9 4.8 %、COD計の場合、8 9.9 %であった。しかし、計測器の保守点検、処理場の工事や停電等の外的要因による欠測を除いた計測器本体の平均稼働率は、UV計9 9.4 %、9 8.5 %、TOC計9 7.5 %、9 8.1 %、COD計9 7.9 %と、いずれの計測器においても極めて高かった。また、それぞれの計測器の稼働率を比較すると、UV計 > COD計 > TOC計の順であり、機器の構造が簡単で、かつ試薬を使用しないUV計が若干優れていた。それぞれの計測器の年度ごとの比較をすると、おおむね、同程度の稼働

表1 自動計測器の稼働状況

区分	項目	機種				
		UV計1	UV計2	TOC計1	TOC計2	COD計1
一年目	稼働率 (%)	97.6 (99.0)	95.2 (97.3)	94.7 (98.5)	93.8 (96.8)	89.0 (98.1)
	欠測原因					
	機器異常 (%)	0.98	2.74	1.48	3.22	1.87
	定期点検 (%)	0.86	0.31	1.17	1.12	2.20
二年目	稼働率 (%)	95.4 (99.8)	90.0 (99.6)	92.4 (96.5)	95.8 (99.5)	90.7 (97.7)
	欠測原因					
	機器異常 (%)	0.28	0.43	3.50	0.46	2.33
	定期点検 (%)	0.83	0.78	1.67	2.06	3.26
平均	稼働率 (%)	96.5 (99.4)	92.6 (98.5)	93.6 (97.5)	94.8 (98.1)	89.9 (97.9)
	欠測原因					
	機器異常 (%)	0.61	1.59	2.49	1.84	2.10
	定期点検 (%)	0.85	0.54	1.42	1.59	2.73
	その他 (%)	2.05	4.86	2.54	1.96	5.33

$$(\quad) \text{内の稼働率} = \frac{\text{全測定データ数} - \text{機器異常データ数}}{\text{全測定データ数}} \times 100$$

率であった。この結果は、自動計測器の安定性に加えて、計測器の日常管理ならびに定期点検等保守管理の徹底によるものと考えられる。自動計測器の主な欠測原因は表2のとおりである。欠測原因の中で、定期点検時の操作ミス、標準液の調製ミス等のケアレスミスがあり、十分な注意を払えば、さらに稼働率の向上が可能である。また、自動計測器の共通部分である試料の採水工程での欠測原因として、水中ポンプの故障・漏電・過電流・原水水位低下による試料水断等があった。

4 測定値の検証

(1) 相関とデータの信頼性

全ての処理場で、過去2年間のデータを1年ごとに集積し、指定計測値と自動計測値との相関および回帰直線の検定を行い、その結果を表3に示した。相関係数は、UV計、COD計、TOC計とも、ほとんど0.80以上であり、また、1年目、2年目とも、ほとんど同程度の値を示し、極めて有意な相関が得られた。相関係数が0.80を下回った処理場は、年度を通じて処理水質が良好で、水質変動範囲が小さく、データが一点に集中しているためによるものである。また、回帰直線がデータに良くあてはまっているかどうか回帰分析を行うと、全ての処理場で、回帰直線は有効であり、使用可能である

表2 自動計測機器の主な欠測原因

UV計	TOC計	COD計
<ul style="list-style-type: none"> セル受光部故障 セル自動洗浄機構の作動不良 負荷量演算装置故障 定期点検時のミス(UV計ワイパー取り換え時、セル位置関係のずれ) 	<ul style="list-style-type: none"> 浮遊物の詰りによる計測不良 フィルターまわりの配管の詰り 計器蒸留水配管漏水による漏電 フロースイッチの詰りによる試料水断 演算器基板不良 標準液の調整ミス 計測不良(原因不明) ラボポンプ能力低下 	<ul style="list-style-type: none"> 滴定器作動不良 加熱槽ヒーター部漏水 試料吸引部のストレーナーの目詰り エラー回路配線不良による試薬の空注入 滴定用試薬補給量不足 滴定器シリンダ部閉塞 加熱槽ヒーター断線 水圧上昇による加熱用水の水温低下 計量器設定ミス

ことがわかった。これらの結果より、全ての処理場で、自動計測値は非常に有効であり、そのデータの信頼性が高いことがわかった。

(2) 換算式の設定・修正

処理水質の特性が変化した場合、計測精度の確保を図るために、換算式の見直しを行って、適合性を再検討し、必要に応じて修正を行わなければならない。そこで、各処理場で、処理水質の状況変化が見られるかどうかを判定するために、年度別の回帰直線間に差があるかどうかについて検討を行ったところ、次の4つのグル

表3 自動計測値と指定計測値の相関、回帰

期前	T 区1		T 区2		N 区1		N 区2		S		C		E 区1		E 区2	
	UV計		UV計		UV計		UV計		UV計		UV計		UV計		UV計	
	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE
1年目 (567~576)	$y=0.63x+1.9$ 原点式 $(y=0.76x)$	0.820 1.01 4.9 1.48	$y=0.78x+2.1$ 原点式 $(y=0.79x)$	0.626 3.14 4.9 3.17	$y=0.84x-1.2$ 原点式 $(y=0.84x)$	0.920 2.64 4.8 1.26	$y=0.64x+3.1$ 原点式 $(y=0.69x)$	0.887 1.73 4.7 5.73	$y=0.64x+0.7$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.780 7.16 4.6 8.77	$y=0.46x+8.1$ 原点式 $(y=0.69x)$	0.617 3.01 4.9 0.98	$y=1.09x-6.8$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.961 5.88 4.5 4.17	$y=1.06x-1.8$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.963 5.96 4.7 3.04
2年目 (577~586)	$y=0.64x+1.9$ 原点式 $(y=0.76x)$	0.755 6.49 5.0 1.81	$y=0.63x+2.2$ 原点式 $(y=0.84x)$	0.838 1.15 5.0 2.07	$y=1.01x-2.7$ 原点式 $(y=0.84x)$	0.788 7.69 4.8 2.04	$y=0.49x+5.2$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.667 3.92 5.0 4.57	$y=0.53x+1.9$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.867 1.48 5.0 1.047	$y=1.01x-4.4$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.735 5.65 4.9 0.70	$y=0.81x+0.4$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.874 1.59 5.0 6.68	$y=1.1x-2.5$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.891 1.85 4.9 3.09
2つの回帰直線の差の検定	F 1.13 to-A 0.120 to-B 0.040	F 1.53 to-A 1.02 to-B 0.92	F 1.62 to-A 1.44 to-B 0.79	F 1.26 to-A 1.55 to-B 1.27	F 1.19 to-A 1.15 to-B 0.53	F 1.89 to-A 3.33 to-B 3.66	F 6.25 to-A 2.21 to-B 3.06	F 9.84 to-A 0.23 to-B 0.27								

期前	E 区3		I		H		HI		O		IM		K		J	
	UV計		UV計		UV計		UV計		UV計		COD計		TOC計		TOC計	
	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE	回帰式	r Fo σ VE
1年目 (567~576)	$y=0.66x+1.5$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.869 1.52 4.9 1.15	$y=1.24x-5.0$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.952 4.66 4.8 5.68	$y=0.47x+3.2$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.906 2.26 4.9 5.74	$y=1.11x-4.2$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.968 7.82 4.9 1.83	$y=0.47x+3.2$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.902 2.10 4.8 2.08	$y=0.73x+2.4$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.824 9.96 4.7 2.66	$y=0.82x-0.7$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.933 3.13 4.7 1.80	$y=0.68x+8.5$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.850 1.17 4.5 1.97
2年目 (577~586)	$y=0.82x+2.7$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.922 4.9 2.00	$y=0.75x-1.1$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.878 1.64 5.0 0.53	$y=0.62x-0.6$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.906 2.22 5.0 2.06	$y=0.99x-2.9$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.863 1.43 5.0 2.87	$y=0.62x-0.6$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.940 3.50 4.7 1.82	$y=0.67x+2.2$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.967 6.58 4.7 3.52	$y=0.65x+6.2$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.825 9.62 4.6 1.56	$y=0.60x+6.6$ 原点式 $(y=0.66x)$	0.801 8.60 4.9 1.01
2つの回帰直線の差の検定	F 5.74 to-A 1.58 to-B 0.78	F 1.05 to-A 3.36 to-B 2.37	F 2.79 to-A 2.41 to-B 2.11	F 6.87 to-A 0.74 to-B 0.42	F 1.15 to-A 2.22 to-B 2.19	F 7.65 to-A 0.88 to-B 0.085	F 1.15 to-A 2.18 to-B 2.18	F 1.96 to-A 0.92 to-B 0.68								

○相関係数の検定 $r > r(\sigma, 0.01)$
 ○直線回帰の検定 $F_0 > F_0(\sigma, 0.01)$ $\sigma = n-2$
 ○分散の検定 $F_0 < F(\sigma_1, \sigma_2, 0.05) < F_x$
 ○2つの回帰直線の差の検定 $t_0 < t(\sigma, 0.05) < t_0$
 ○回帰直線 $y = Ax + B$ A: 相関係数 B: 切片
 ○変動係数が x , y と 0.20 以内の場合、原点式も併記している。

ープに分類されることがわかった。

① 年度間に差のない場合—流入下水水質の変動が比較的少なく、しかも下水処理状況に変化がなく、処理水質が安定しており、二つの回帰直線間に差がない T-N o 1、N o 2、N-N o 1、N o 2、S の 3 処理場 5 測定点のグループ

② 年度間に差がある場合—この場合は次の 3 グループに細分される。④ 処理施設が低負荷で運転されており、指定計測値 (y) の平均はおよそ 9 p p m 程度、自動計測値 (x) の平均はおよそ 1 3 % 程度と非常に低値であり、しかも x、y の変動係数がいずれも 1 5 % 以内であり、年度を通じて処理水質が極めて良好で水質変動範囲が小さく、データが一点に集中しているため、最小二乗法によって求めた回帰直線間に差がみられる C 処理場のグループ。このグループは、変動係数が小さいので、回帰式の代わりに原点式で比較すると、1 年目 $y = 0.69x$ 、2 年目 $y = 0.66x$ と非常に近似しており、このような場合は、換算式として回帰式よりも、むしろ原点式を用いる方が、より正確な値が得られると考えられる。⑤ 等分散の検定で有意差があり、処理場の特性として、年度平均の指定計測値、自動計測値は、2 年目の方が低値であり、しかも、x、y の変動係数が小さくなっており、処理水質が安定化し、データのバラツキが小さくなり、水質の変動範囲が狭くなったことにより、年度間に差がみられた E-N o 1、N o 2、N o 3、I、H、H I の 4 処理場 6 測定点のグループ。この場合は、新たな回帰式を換算式として用いるとともに、今後とも、現在使用している換算式と新たな換算式の差の検定等のデータ解析が必要であると考えられる。③ 処理場流入水質の特性として、化学工業や繊維工業等の工場排水の流入負荷が比較的多く、下水処理水の質的变化がみられた I M、K、J、O の 4 処理場のグループ。この場合も、④ で述べたと同様に、今後ともデータの解析が必要であると考えられる。

次に、生物処理では、一般に水温に影響を受けるため、処理水質および性状は、季節によって変化することが考えられる。そこで、季節ごとに換算式を作成する必要があるか否かの検討を、処理水質が良好で安定している C 処理場について行った。図 2 に季節ごとの関係を示した。各直線の傾きは、夏がゆるく冬にきつい、秋・春はその中間であるという結果であり、この傾向は 5 6 年にもみられる。即ち、これは、UV 値が同じでも COD 値は夏低く、冬高いという結果であり、水温が高い程、処理水の COD が低くなるが、これに比べて、UV 吸収の変化は小さいことによるものである。このように、季節により若干換算式の違いがみられる。しかしながら、年度換算式 $y = 0.66x$ と、季節ごとの換算式を用いた場合との換算値を比べると、その誤差は小さく、指定計測法の誤差範囲であり、このような場合には、年度を通じて同一換算式を用いてもよいと考えられる。

5 おわりに

本年 7 月には、総量規制制度における汚濁負荷量の削減目標期限をむかえるが、本市下水処理場では、その基準を常に遵守しており、また、水質常時監視の実績は以上述べたように、計測器の稼働率は極めて高く、しかもその値は非常に有効であり、データの信頼性・再現性が高いことがわかった。しかしながら、得られたデータに基づく回帰式の検定結果では、処理場ごとに特性がみられたので、今後さらに換算値の精度を高めるため、流入水質やその処理状況を十分把握し、データの集積をして換算式の検証を行うことが重要であると考えている。また、水質常時監視により得られたデータを十分活用し、処理水質の向上をはかり、公共用水域における COD 負荷量の削減にむけて、努力しなければならないと考えている。

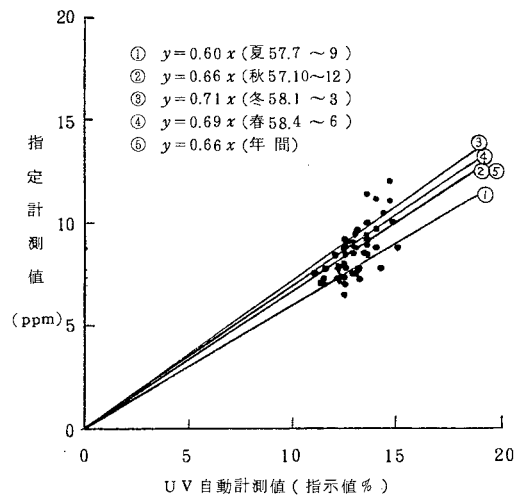


図 2 UV 計測値と指定計測値との関係