水質自動計測

最近、水に関する各分野で水質の自動計測が行われるようになり、新しい計測技術も種々提案されてきている。しかし、一方では計測機器の維持管理や計測値の信頼性、あるいは計測値の利用方法などについての問題点も多く指摘されている。今回は、公共用水域、事業所排水処理、下水処理、浄水処理の各分野について、水質自動計測の実用状況と問題点を整理し、今後の方向を明らかにすることを目的として、各分野の第一人者の方々に御執筆いただいた。本特集が、会員諸氏の水質自動計測に関する研究、調査に多少とも役立ち、また水質自動計測技術の正しい利用を促進できれば幸いである。

(担当 浦野紘平*)

公共用水域における水質の自動計測**

川 原 浩

はじめに

水質汚濁防止対策を効果的に進めていくためには、できるかぎり精密な現場のデータを把握することが極めて重要である。

基本的には公害対策基本法にもとづいて決められている「環境基準」を達成することが当面の施策とされ、そのため、各都道府県では水質汚濁防止法に決められている「常時監視の義務」でそれぞれ「測定計画」を策定して監視調査を行っている。しかし、この測定計

画にもとづく水質調査は多くの調査地点を対象としているため、同一地点から多くの調査データを収集することはむずかしい。とくに、採水、分析がほとんど人海戦術であるため、月に1～2回程度の調査が行われている状況である。このため、刻々変化する自然環境水の水質を常時知るといことはかなり苦しい面がある。すなわち、水質を常時把握するためには連続的に採水調査が行われなければならないが、人海戦術による採水調査がほとんどのため、連続的に調査を行うことは不可能に近い。

水質モニターはこの点をカバーすることを目的に研究開発が進められてきている。環境庁の調査ではモニター設置地点が137地点(35都府県・政令市)におよび、測定項目はpHが最も多く、以下水温、DO、濁度、導電率、COD等になっている。特殊な項目として、フェノール、SS、UV、 C_r^{6+} 、T-Hg、油分等があげられるが、これらの設置地点はごくわずかである。

水質モニターは常時監視の意味からみると極めて画期的なものと見ることができが、未だ、解明されなければならない点も多くみられる。これは測定項目自体の問題と同時に、モニターによって得られたデータをどのように活用していくかも1つの大きな課題と考

Hiroshi Kawahara

昭和29年 北海道大学水産学部卒業
35年 東京都首都整備局都市公害部
43年 東京都公害研究所水質部長
技術士

〔趣味〕 囲碁 釣り

* Kohei Urano, 横浜国立大学工学部, 本誌企画編集委員, 本協会水質自動計測技術研究委員会幹事

** Instrumentation and Monitoring of Natural Waters, 昭和60年1月10日受理

えられる。そこで、東京都で実施しているモニターを中心に、その実施状況と活用方法について述べてみたい。

1. 東京都における水質モニター

東京都では1971年から水質汚濁常時測定室およびコントロールセンターの整備を行ってきており、29カ所の測定室を設置してきた（うち、3カ所は河川改修等によって休止となっている）。ここでの測定項目は基本項目として、水温(WT)、pH、溶存酸素(DO)、濁度(Tb)、塩化物イオン(Cl^-)、導電率(Cond)の5項目とし、他に選択項目として、シアン化物イオン(CN^-)、総水銀(T-Hg)、フェノール、全有機炭素量(TOC)、化学的酸素消費量(COD)があり、選択項目は特定の測定地点で測定されている。各測定室で得られた各データを常時把握するために「水質汚濁常時監視システム」が確立されているので、その概要について説明する。

(1) 常時監視システムの概要

監視システムは中央監視局装置、測定局装置、中継局装置より構成されている。測定局から中央局への電送は23区内では公社専用線(電話線)で電送されるが、多摩地区の場合は中継局を経て中央局へ電送されるシステムとなっている。

各測定室からのデータは10分ごとにそれぞれ中央局へ送られ、演算処理されてCRTディスプレイに表示されると同時に磁気テープに記録される。さらに、1時間ごとに最高、最低、平均が算出されて印字され、

24時間ごとに日報、1カ月ごとに月報が印字される。

中央局から各測定室に対してはつぎのことが指令できるようにになっている。(ア)電源制御(接、断)、(イ)採水ポンプの切換、(ウ)採水ポンプ故障復帰、(エ)採水部ストレーナー逆洗浄、(オ)測定器検出部の洗浄、(カ)サンプリング（これは測定時点での検水をポリビンに採取し、冷蔵保存できるようにになっている）。

また、測定室は採水装置、測定装置、テレメーター装置より構成され、つぎの役目をもっている。

① 採水装置

水位、流量等の変動や浮遊物質等によるストレーナーの目詰まり等のトラブルが発生し易い部分なので、採水部を二系統設置し、自動切換、自動洗浄方式が採用されている。

② 測定装置

測定された項目別の数値を電氣的信号に変換してテレメーターへ送るようにする。

③ テレメーター装置

符号化された測定データを中央局へ電送するが、①②の稼働状況もあわせて電送するようになっていて、機器の誤動作による異常値の測定を防いでいる。

(2) 測定項目と測定方法

水質モニターで最も必要なことは無保守で長期間安定したデータが得られることが望まれるが、東京都の場合は表1にあげた項目のうち、1～4、6が全測定室で測定されている。他の項目は測定室によって測定

表1 モニターに使用されている測定方法

No.	測定項目	測定方法	測定範囲	備 考
1	水温(WT)	白金抵抗法	0～50℃	
2	pH	ガラス電極法	0～14	JISK0102
3	溶存酸素(DO)	隔膜電極法 (ポーラログラフ法)	0～20mg/ℓ	JISK0102
4	濁度(Tb)	透過光散乱光演算法	0～200mg/ℓ	JISK0102 に準拠
5	塩化物イオン (Cl^-)	イオン電極法	1～100 mg/ℓ 1～300 mg/ℓ	
6	導電率(Cond)	交流二極法	0～1.000 0～2.000 μS/cm 0～20.000	交流二極法は JISK0102 に 準拠
		電磁誘導法	0～40.000 0～60.000 μS/cm	
7	シアン化物イオン (CN^-)	イオン電極法	0.01～10 0.03～3 mg/ℓ	
8	総水銀(T-Hg)	原子吸光光度法	0～20μg/ℓ	JISK0102 に準拠
9	フェノール	蛍光光度法	0～1mg/ℓ	
10	全有機炭素量 (TOC)	燃焼赤外線分析法	0～20mg/ℓ	JISK0102 に準拠
11	化学的酸素消費量 (COD)	酸性法	0～20mg/ℓ	JISK0102 に準拠

されているところと、されていないところがある。これらの項目についての測定方法と測定範囲は表1で示すとおりであるが、これは河川用モニターで発生源用モニターとは若干異なっている。すなわち、モニターはその目的と必要条件に応じて選択されなければならない。

(3) 取水方法

水質自動測定を行うための取水方法は極めて重要であって、設置後のトラブルや測定値の信頼性が、この取水方法の如何によってかなりちがってくる。すなわち、測定局の設置に当たっては、その河川のどのような場所から取水をすればその河川の代表水質とすることができるか、あらかじめ検討しておかなければならない。とくに、発生源の多い場所では可能な限りその工場排水の影響のない場所、いい換えれば、測定しようとする河川水が均一化された場所を選ばなければならない。また、モニターでの測定を直接河川内で行うか、取水して行くかによって測定器のタイプが異なってくる。東京都の場合は河川水を取水し、検出器に導水して測定する方法がとられているが、そのための測定室の設置にはつぎのような条件が必要である。

- ① 測定地点を代表する平均的な水質が常時得られるような場所である。
- ② 取水するための導水路(管)が長くない場所である。これはあまり長くなると取水から測定までの間に、水質が変化してしまうためである。
- ③ 洗浄水などの用水が比較的容易に得られやすい場所である。
- ④ 電圧の変動の少ない電力が得やすい場所である。
- ⑤ データ伝送用としての回線、または無線回線が得やすい場所である。
- ⑥ 測定室からの排水が容易にできる場所である。
- ⑦ 保守管理を行うための通行が容易にできるような場所である。
- ⑧ 取水する河川水中にできるだけ浮遊物質が少なく、その影響がないような場所である。

以上の点を考慮し、対象河川の流域、流況、および用地などの条件を十分調査しておくことが重要である。

(4) 水質自動測定器

測定室の設置場所が決められると、水質自動測定器が選択される。この場合、基本的な考慮すべき点としてつぎの事項があげられる。

- ① 水質測定がかなりの頻度で連続的にできる。
- ② 測定器は計測部と検出部に分離されていて、計測部が供試水などによる妨害を受けない。
- ③ 測定項目の変更が比較的容易にできる。

④ 測定誤差をできるだけ少なくするため、ジェット洗浄など自動洗浄の手段を用いることができる。

⑤ 測定されたデータはテレメーターで電送できる。

以上の要件を満足させ、かつ、水質モニターとしての必要な条件をあげると、つぎのとおりである。

- (ア) 測定しようとする河川水の水質変動がすみやかにわかるように常時データを得ることができる。
- (イ) 測定器のベースラインが長期安定するか、自動的に補正が可能である。
- (ウ) 測定はタイムラグが少なく、迅速に測定結果が得られる。
- (エ) 測定精度がある一定以上である。
- (オ) 検出部の洗浄が比較的容易にでき、なお長期間清浄を保ちうる。
- (カ) 保安管理が容易にできる。

これらの条件を満足させることのできる測定器が各測定室に設置されることになる。項目の選択はある程度、測定地点の流況等を考慮して選択されている。

(5) 測定器機等の保守点検

東京都では1971年から1975年にかけて前記の29カ所に測定室を設置し、それぞれの地点で測定を行ってきた。その結果については、その年度ごとにとりまとめて印刷公表されてきている。詳細については「河川の水質汚濁常時測定データ集」を参照されたい。

① 稼動状況

各測定室の稼動状況は測定室および水質項目ごとに若干の差がみられる。1982年度の稼動状況を日単位でみると、基本項目では最低36.7%、最高97.8%、平均80.2%の稼動率になる。一方、TOC、COD、T-Hg、フェノール、CN⁻の選択項目についてみると、最低34.1%、最高83.5%、平均68.2%となり、かなり低い稼動率となっているが、全項目を平均すると79.4%となっている。欠測の理由をみると主に保守点検に基因する場合、採水装置の故障による場合、測定器の故障による場合等があげられ、その他に河川工事、台風大雨、モニター更新等があげられる。

② 機器の保守点検

自動計測器を使って長期間安定したデータを得るためには、その機器の保守管理が極めて重要になる。とくに、一定以上の稼動率とそれとともなる測定精度を維持できるか否かは保守点検の内容によって決まると考えてもよい。

東京都における保守点検は図1に示す実験細目にしたがって行われている。また、点検については定期点検、緊急点検及び巡回点検が行われていて、1982年度をみると、定期点検延べ1,331回/年、各測定室ごとに換算すると月平均4回ということになっている。これ

図1 水質測定機(基本項目)等保守点検実施細目

（注－１） 江戸川(1)測定室は採水ポンプ・ストレーナーの洗浄を行わなくて良い。
江戸川(2)測定室は、採水ポンプで揚水されなくなった場合および、標識燈が切れた場合は、採水ポンプ・ストレーナーの洗浄を行うこと。

（注－２） テフロン膜の交換は随時であるが最長1回／3月とする。

（注－３） 測定機の指示読み取りの際、センサー洗浄後の指示値と手分析値（定める基準値）との値が許容誤差を越えた場合は電極校正の頻度に関係なく校正を行うこと。
手分析値（定める基準値）とは次のとおりとする。

WT：水銀温度計 pH：標準液 DO：手分析値 Tb：スパン板
CL：手分析値 Cond：卓上型電導度計 CN：標準液

に対して緊急点検(トラブルが発生したとき行う点検)が延べ296回/年,各測定室で大体月1回という換算になる。

自動測定では欠測が少ないということが極めて重要であるが,点検頻度をかなり密度濃く行っているにもかかわらず欠測は発生してしまう。その欠測原因をみると採水部関係の故障によるものが4.7%,測定機関係の故障によるものが4.2%あげられている。故障原因をみると採水部関係では採水ポンプの故障,ストレーナの詰まり,制御盤の故障,大雨洪水時のポンプの停止等である。また,測定機の故障原因では配管の詰まり,電磁弁・増幅器・記録計等の故障,及び電極の劣化等があげられる。

ここで,各機器の交換状況を見ると,採水ポンプは設置後,49台中15台を取り換えており,ポンプの平均寿命は3.0年となっている。測定部関係では電極の取り換えが最も多くみられる。これは測定河川の汚濁状況により違いがみられるが,平均的にみるとpH 2.0回/年,DO 0.5回/年,Cl⁻ 2.1回/年となっている。WT, Cond はほとんど交換されていない。

③ テレメーターの保守点検

この部分の点検は定期点検として4回/年,緊急点検としてコンピューター延べ13回/年,テレメーター延べ41回/年,回線障害延べ14回/年となっている。

点検内容はコンピューター及び周辺装置の機能点検・調整,及びテレメーター観測局装置の機能点検・調整である。これらの故障による欠測が0.8%記録されているが,その原因はコンピューター及び周辺装置の故障によるもの,テレメーターの故障による欠測,電電公社専用回線の障害等によるものである。

(6) 測定結果

自動測定によって得られるデータはぼう大な量になるが,これの活用方法をどのようにするかは極めて重要

なことである。しかし,現在の自動測定法は公定計測法として取りあげられていない。そのため,公定計測法との整合性を確認しておく必要がある。

東京都では1982年4月から1983年3月までの1年間,26測定室から約1週間ごとにデータ収集を行い,自動測定データと手分析との比較検討を行っているので,その結果について述べる。

比較した項目は,自動測定の基本項目としているWT, pH, DO, Tb, Cl⁻, Cond であって,手分析で行った方法はつぎのとおりである。

WT: 水銀温度計

DO: ウィンクラーアジ化ナトリウム変法

pH: 標準液使用, ガラス電極卓上型 pH 計

Tb: 校正板法

Cl⁻: 硝酸第二水銀法

Cond 卓上型伝導度計

自動測定で用いたデータは,校正後約1週間経過したときのものとし,電極が最も汚れ,ドリフトした次回校正時直前での状態で比較したものである。測定試水のサンプリング時間差は最大10~15分位で,同時刻採水のものがほとんどである。

比較データの総括表を表2にあげておく。これから次のようなことがいえる。

WTについては自動測定と手分析でほとんど差は認められない。pHについては,ガラス電極法では標準液のpH測定の繰り返し分析精度が標準偏差5%であるのに対して,この比較では変動係数が2.1%となっている。DOについては,隔膜電極法による繰り返し分析精度が変動係数5~10%で手分析との比較とほとんど差がみられない。Tbについては,機器精度が±4 mg/ℓであって,比較結果では変動率,変動係数ともに妥当なものとなっている。Cl⁻については,変動率が平均で16.7%と他の項目に比べて大きく,相関係数も小

表2 データ比較総括表

	WT		DO		Cl ⁻		Cond		pH			Tb		
	変動率	相関係数	変動率	相関係数	変動率	相関係数	変動率	相関係数	変動率	変動係数	標準偏差	変動率	変動係数	標準偏差
最大	2.0%	0.999	18.0%	0.948	25.1%	0.960	24.6%	0.991	1.9%	4.0	0.265	5.5%	1.8	2.007
最小	0.5	0.997	4.8	0.605	7.3	0.402	1.5	0.576	0.3	0.2	0.011	0.3	0.5	0.887
平均	1.3	0.999	10.8	0.820	16.7	0.718	8.5	0.903	0.9	2.1	0.147	1.5	0.91	1.34

(注) 1. 26測定室ごとに処理した結果の最大, 最小, 平均である。

2. 変動率=(|自動-手分析| /手分析) × 100(%)

3. 変動係数=(標準偏差/平均) × 100(%)

4. DOは通常低い値の測定室で1 mg/ℓ以下での繰り返しになり, 分析精度が変動率に影響するので除いてある。

5. Condで相関係数最小0.576と低いのは1測定室でのレンジが狭く, ダンゴ状態になっているためである。

6. Tbはセルの汚れが大きく影響するため, きれいな場所で変動率が0.3%であるのに対し, 汚れのひどい河川では変動率が5.5%と大きくになっている。

さくなっている。これは共存塩類の影響によるものと思われる。Cond については変動率が1.5～24.6%(平均8.5%)であるが、感潮域にある測定室の変動が20%以上で大きくなっている。これは感潮部の測定レンジが0～20,000, 40,000, 60,000 μ S/cmと大きいために生じたものと思われる。

以上からみると、自動測定によって得られた水質データは、採水した試料を手分析によって求めたデータとあまり極端な差は認められない。ただ、測定室の立地場所によって同一項目間に若干の差が認められる。これは測定機器の機能にもよるのかも知れないが、各測定室ごとに変動、相関を求めておけば、それなりの活用ができるものと思われる。

2. 水質モニターの今後の課題

公共用水域の常時監視体制を整備する意味からみると、水質モニターの開発、普及は極めて効果的な方法ではないかと考えられる。しかし、現在、設置されているモニターには多くの問題が残されている。これらをあげるとつぎのようなものがある。

(1) 水質モニターによる監視体制の整備を図るためには、測定項目の再検討が必要ではないかと思われる。これは各水域の利用状況にあわせた項目の選定が必要であって、現在の測定項目がすべての地点で必要かどうかを再検討する必要がある。また、今後の水質保全上、場所によっては新規項目が必要になってくる。ただし、多項目のモニター設置は後述の維持管理、コスト等とあわせて検討すべきである。

(2) 水質モニターは多くのデータを収集できる利点があげられるが、反面手分析に比べて経費上は特別安価になっているとはいえない。また、維持管理面からみたランニングコストがかなり必要であり、同時に、一定精度のデータを得るためには定期点検がどうしても必要であり、人員削減等から考えると現状では非常にむずかしいといえる。そのため、機器の機能向上等が強く望まれる。

(3) 現在のモニターはかなり複雑な機構が取りこまれているため、長期間の運転になるとトラブルが発生し、欠測等を生じ易くなっている。したがって、測定精度を維持しながら、できる限り簡便な方法によるモニターの開発が待たれるところである。これには、使用電力、薬品等の使用が少なく、安定したデータが得られ、その処理が容易にできるような機器が望まれる。

以上の他に、現在の水質モニターの設置場所や採水方法についての再検討も必要ではないかと思われる。

設置場所には採水や排水が容易な場所が求められるが、同時に測定地の代表水質をどのようにして把握するかの検討が必要である。採水方法としてはフロート式と固定式のいずれかの方法で1カ所から採水されているのが普通であるが、それが果たしてその場所の代表的な水質を表すかどうかの検討が必要である。

また、採水各部位の自動洗浄をかねてかなり大量の採水が行われている。そのため、採水設備自体が相当大きなものとなっており、この点の改良が求められている。

一方、測定されたデータは、一部では記録されているだけのものもあるが、テレメーターによるオンラインシステムがとられているところもある。また、今後、常時監視の意味からすると、このシステムの普及が図られるものと思われるが、現在開発されているシステムに、さらに水質の異常の検出機能の強化、水質だけでなく気象、水象等の関連データの一元的な把握方法の検討が必要ではないかと思われる。

また、総量規制の導入にともなう「汚濁総量」監視システムの確立が必要であり、一部では試験的に測定監視が行われている所もみられる。しかし、未だ十分なものではなく、とくに、流速測定をどのような方法で行うかは大きな河川ではかなりむずかしい点があり、この点の開発が待たれるところである。同時に、感潮域での流量測定も今後に残された1つの課題ではないかと思われる。

む す び

水質モニターでの公共用水域の常時監視について、東京都の例を中心に述べてきたが、モニターの開発研究が進むにしたがって、より正確な環境監視システムが確立されるものと考えられる。しかし、そのためには今まであげてきた課題の解決がどうしても必要ではないかと思われる。同時に、水質測定計画との整合性をはじめとして、測定データの利用方法を確立することも不可欠の要件ではないかと考える。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、情報を提供いただいた東京都、神奈川県、宮城県、長崎県の関係各位に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 東京都環境保全局水質保全部；河川の水質汚濁常時測定データ集；(昭和56年度)；昭和58年3月，環境保全局資料3-1-水13.
- 2) 同上(昭和57年度)，昭和59年3月，環境保全局資料3-1-水19.
- 3) 東京都公害研究所；水質自動測定研究報告，昭和53年3月，公害研究所資料2-1-15.