

水質汚濁総合管理システム Water Pollution Control System

Water pollution is aggravating increasingly with years posing a serious problem to human environment and life itself. For dealing with this vital problem it is necessary to complete processing plants and facilities for water polluting elements and establish an effective overall policy of pollution prediction and control.

浜岡 尊* Takashi Hamaoka

In this article, the author discusses a water quality preservation control system which makes the fullest use of latest computer technique. Pollution control should cover a broad area of scientific processes covering measurement, constant monitoring, data computation and analysis and prediction, and completion of the control system should follow, in the author's opinion, the above-cited processes in that order. However, in the final analysis, its most essential factor is a close cooperation between the concerned engineering fields and administration based on the overall pollution prevention policy covering air pollution, vibration and other public nuisance besides water pollution.

1 緒 言

最近における水質汚濁の進行は水資源の不足、人体生物に対する悪影響、環境破壊をもたらし、社会的にも深刻な問題となりつつある。このような状況は人口の急増、工業生産量の飛躍的増進に伴う大量汚濁質の廃棄が自然のもつ浄化能力を越えたためにもたらせたものである。図1は河川、港湾および海域の汚濁とそれらの要因との相互関係を示すもので、人間の生産と生活活動の副産物として発生する廃棄物が汚濁の原因となり、汚濁は自然浄化によって低減されるが、このうち未浄化分が人間社会への悪影響となってフィードバックされることをブロック的に示したものである。したがって水質汚濁防止のための手段としては次の二方法があげられる。

- (1) 汚濁廃棄物排出量の低減：廃棄物処理設備および処理能力の向上、有害な廃棄物の発生を伴わない新生産工程システムの開発、工場立地規制、工場生産規制など。
- (2) 自然浄化能力の向上：河川改修（フラッシュ水、埋立て、しゅんせつ）、導水（ダム放水、他水系からの導水）、排水口取付位置の選択など。

現在、水質管理に関しては水質保全法、工場排水の規制に関する法律、清掃法などにに基づき汚濁排出物低減の施策を中心に導水、固形廃棄物の除去、しゅんせつなどの併用によって汚濁防止の対

策が進められている。しかし、このままでは利水の面からも環境保全の立場からも十分な効果があげられない。したがって今後は前述の“諸施策の効果/費用”を評価して効果的な水質、水量の総合管理を図ってゆく必要がある。

2 水質汚濁と環境制御

水質汚濁防止の基本計画の策定には汚濁現況の把握（はあく）、効果的な防止手段および有効な制御方策の選定が要求される。大気、水などいわゆる自然環境下で発生する現象の制御—環境制御—においては現象の発生機構、伝播（でんぱ）拡散機構がきわめて複雑であり、応答性が悪いという特長をもっている。したがって、従来から利用されてきたフィードバック制御方式では制御効果をあげることができず、それに代わって、たとえば予測制御方式などが採用されつつある。

予測モデルの作成、汚濁防止手段の評価、汚濁の社会生活への影響評価は環境制御システムの確立に不可欠のものであり、それには大量のデータを統計処理、解析するための電子計算機システムおよび環境状態と汚濁の相関、汚濁の社会的評価を確立するためのカテゴライズ化手法などが必要とされる。

水質汚濁防止システムにおいては本質的に即効性のある予測制

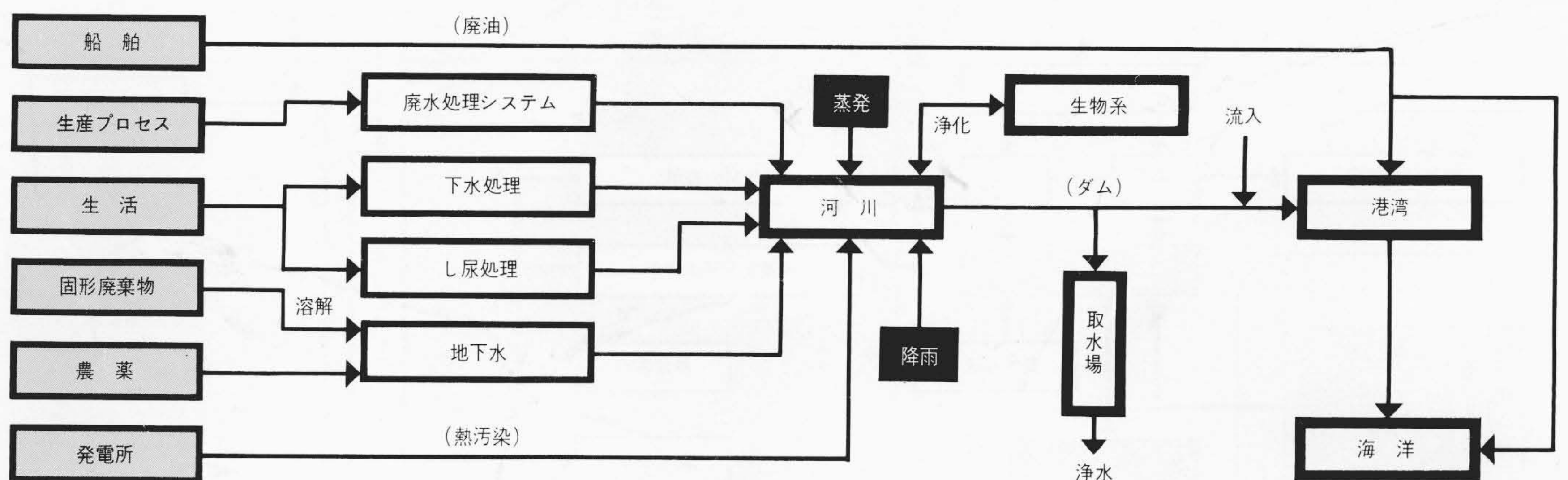


図1 水質汚濁の概要ブロック図

* 日立製作所システム技術本部

御の方策がないために、予測モデルも、主として、下水道、排水処理の整備、工場立地規制など長期計画策定用に利用されている。

一方、水質汚濁監視のための計測は微量計測であるため分析計が多く、サンプリング方法、分析法、分析時間などにも問題点があるため、現時点では水質汚濁の集中監視システムとして稼動しているものはない。しかし、集中管理システムへのアプローチは大阪府、東京都、愛知県などを中心に推進されている。

今後、システム計画の展開に伴って、システムの内部は広域化、複雑化、多様化し、水質管理から環境総合管理へと移向せざるを得ないであろう。

3 水質汚濁の総合管理

- 汚濁水質を人間社会に与える悪影響の面から分類すると、
- (1) 人間の生命を直接、即効的におびやかすもの（シアン、メチル水銀など）：検出により直ちに処理を必要とする……緊急対策。
 - (2) 即効性ではないが、その累積効果が人体に危害を与えるもの（カドミウム、クロムなど）：汚濁傾向により累積値を推定し処理することが必要である……中期対策。
 - (3) 環境破壊により間接的に悪影響をもたらすもの（有機物）：BOD(Biochemical Oxygen Demand)、TOC(Total Organic Carbon)、などの計測とマクロ予測の結果を行政面に反映させることが必要である……長期対策。

のようになり、現在表1に示すように環境基準と規制基準が定められているが、本質的には汚濁の特質に対応して緊急、中期、長期の対策を講ずる必要があり、技術と行政の融合したシステム計画が要求される。図2はこのような総合管理システムの機能構成の一例を示すものである。従来のシステムと異なる点は予測制御（運用）が可能であり、また行政面での取扱いが容易であるように地域区分を地図盤あるいはCRT面上に表示して必要な処理を行なう点にある。また、中、長期の対策については汚染データを蓄積し、その系統的解析により汚濁機構を解明し、汚濁傾向を表示(中期対策)するとともに汚濁状況のマクロ予測表示(長期対策)により、下水道整備、河川改修など必要な行政措置を検討評価する。このような行政措置は国土開発、都市計画などに立脚する地域計画に密接な関連をもつので総合的な面からのアプローチが必要である。

4 水質汚濁の常時監視

- 4.1 常時監視の必要性
- 水質の常時監視は環境破壊の面からだけでなく利水の面からも必要である。
- 河川利用は上下水道、工業用水、農業用水および水産用水と幅広く水資源も自由材かつ貴重財に移りつつある。このような状況下では各種汚濁が水資源に与える影響を調査し、利用目的に適した水質保持のための管理体制が必要となる。水質汚濁の常時監視

表1 環境基準と計測の定量基準 (単位：ppm)

項 目	シ ア ン	アルキル水銀	総 水 銀	有 機 リ ン	カドミウム	鉛	総クロム	6価クロム	ヒ 素
環 境 基 準	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	0.01以下	0.1以下	—	0.05以下	0.05以下
規 制 基 準	1.0	検出させないこと	検出されないこと	1.0	0.1	1.0	2.0	0.5	0.5
定 量 限 界	0.1	0.001	0.02	0.1	0.002	0.01	0.05	0.05	0.001

注：水質汚濁にかかる環境基準（昭45.4.21閣議決定 昭45.5.29一部改正）

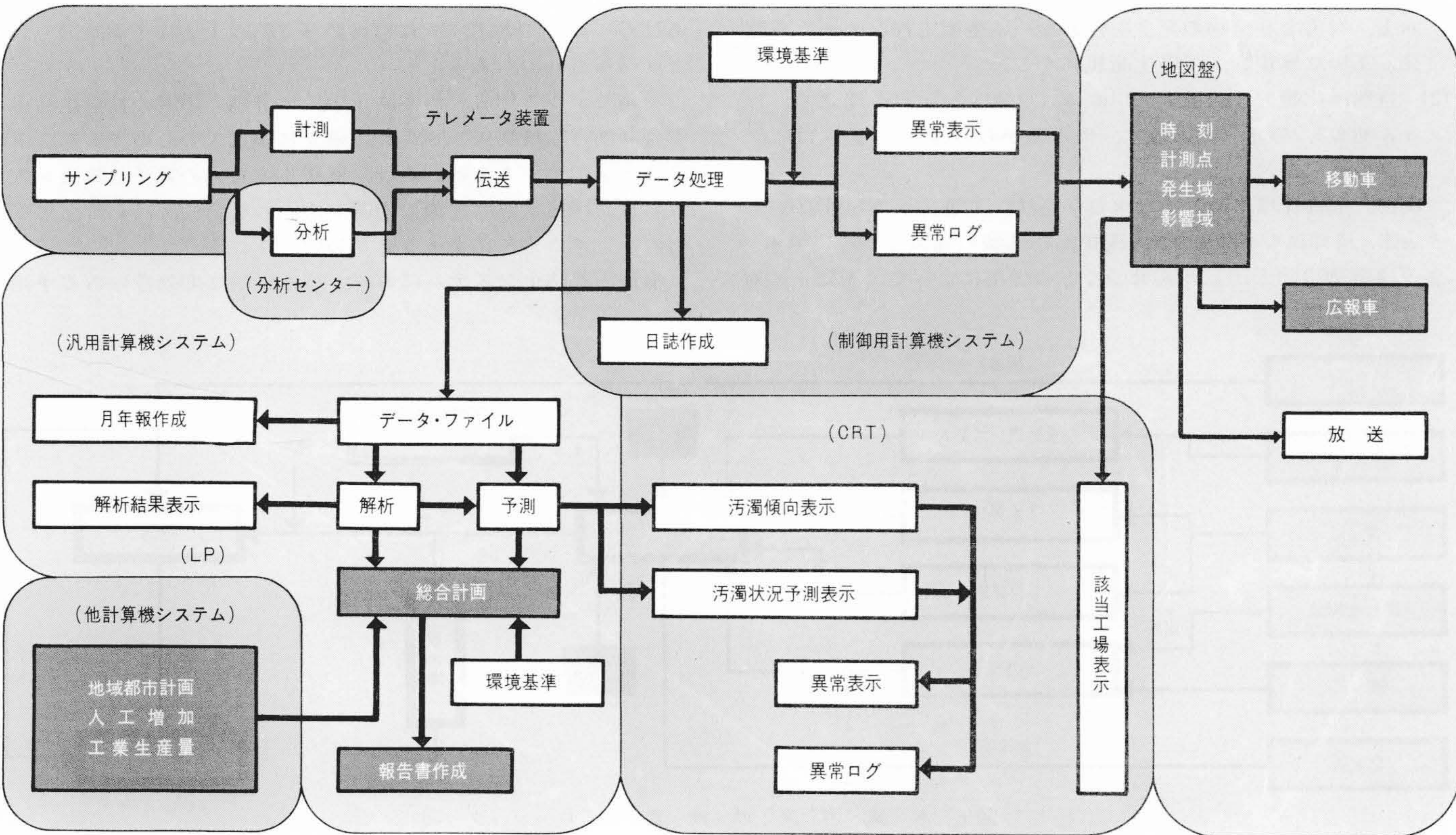


図2 総合管理システムの機能構成

はこれらの管理体制の基本となるべきもので、汚濁河川の変動をとらえ(環境監視)、汚濁源を調査する(排出源監視)ため、①連続データの確保、②計測の迅速性、③計測の安定性、④高精度(急性毒物の変動検出)、⑤汚濁代表性(計測点選定)、⑥保守の容易性、⑦集中監視などが機能として要求される。

水質常時監視の方法としてはすべての項目について連続自動測定を行なうことが望ましい。しかし現在では、水質自動測定とサンプリングによる実験室分析および生物による毒物混入の直接監視が行なわれているにすぎない。

水質常時監視に要求される各項目のうち①～④、⑥は主として計測器開発上の問題であるが⑤、⑦はシステム構成上の問題である。一方、水質汚濁の広域化によって管理すべき河川の流域も広くなるとともに監視すべき汚濁排出源数も増加しているので、排出源と汚濁度の現況を全般的に把握し、その相互関連性を調査してゆくための前提として集中監視の要求が強まることは当然といえよう。

4.2 水質自動測定

河川の水質自動測定の項目は測定の目的と汚染の状況および計器性能の面から検討されなければならないが、河川の水質状況を全体的に把握するための基本項目として水温、pH、導電率、濁度、DO(Dissolved Oxygen:溶存酸素量)などの一般項目BOD、TOC、TOD(Total Oxygen Demand:全要求酸素量)などの有機汚濁指標ならびに、急性毒物の混入に対する緊急処理の必要性からシアン、メチル水銀、有機燐などがあげられる。

水質自動測定の方法は短時間で測定できる物理形と比較的時間のかかる化学形に大別され、その特長は次のとおりである。

- (1) 物理形(瞬時)測定、検知素子により短時間で測定できる(温度、導電率、濁度、色度、流速、水位、pH、酸化還元電位、DO、各種イオンなど)
- (2) 化学形(遅延)測定:試薬の添加で前処理が必要で、サンプリングより遅れて測定値が得られる。

(BOD、COD、TOC、TOD、Cr、Cd、Pb、Hg、S、C_N、アンモニア性窒素、リン酸、フェノールなど)

これらの検出器は連続測定時に浮遊物や微生物に汚染されて性能低下を生じ、あるいは供試水の流速や水温の変化で測定値に変動を生ずることがあるので、自動洗浄、流量調整、自動補償回路による補正などにより変動防止が行なわれているが、実際の保守調整にかなりのマンパワーを必要としている現況である。したが

って、水質自動測定は現状では無人化よりもひとり当たりのデータ取扱量の増加する手段と考えるべきであろう。

4.3 実施例

河川自動測定の実例はアメリカを除くほかはあまり知られていない。アメリカにおいてもその必要性、重要性の認められたのは最近のことであり、水質測定項目はpH、Cl⁻、DO、水温、濁度など水質基本項目を測定し、データを水系別に設置されているコントロール・センターに伝送しそこで管理している。わが国では、水質汚濁、河川管理用として自動連続測定を実施しているのは愛知、神奈川の両県と東京都であり、大阪府、兵庫県、広島県、秋田県などは目下計画中である。表2は現在水質自動連続測定を実施している項目についてニューヨークと日本国内の例を示したものである。

4.4 産業廃水の自動管理システム

産業設備による廃棄物汚濁の低減化を図る一つ的手段として廃棄物処理設備および処理能力の向上があるが、企業としては廃棄物処理の問題をシステムの的にとらえ、効率化を図る必要がある。この場合、システムの手足となるものが前記の水質自動計測および水質データの集録とその処理法である。

企業内の産業廃水の管理は次の三つに大別される

- (1) 汚染管理:汚染源が工程プラントである場合に、各工程の水質自動測定を行なって、それぞれの汚染度を管理するものである。これらの管理情報を生産量と関連づけることによって最大値、最小値あるいは中間汚染度としての負荷量の計算ができるので工程管理に有用であろうし、廃水処理施設の容量を勘案して効果的な汚染制御を行なうこともできる。
- (2) 処理管理:処理工程の自動測定により廃棄物処理の各過程において汚濁が適正汚濁レベル内にあることを確認し、レベル外に出ないように対策するものである。重要な点は廃水の汚染度および量の変動に対する制御方法の選定にあり、汚染度変動に伴う処理工程パターンを把握し、制御することが必要となる。生産工程管理の不完全性からより複雑性をもった処理過程を生じ、処理管理の不十分性から工場廃水をそのまま環境に放流することのないよう管理面で十分な検討が要求される。
- (3) 放流管理:工場生産にあずかる廃水処理後の排水を工場排水規正法に基づき環境に放流するもので、放流時にその水質を測定し、定められたレベルに対比させて必要な対策をとる。このレベルは環境水質基準で決められ、その環境に対する汚濁負荷量が決定される。

以上に述べた放流、処理、汚染の三つの管理と企業の生産管理は密接に結ばれるものであり、図3はそのブロック図である。汚染、廃水、放流の各管理データ、生産管理情報が中央の廃水自動管理室に集中され、電子計算機によって運営管理される。環境水を工業用水として使用する場合には工業用水の自動管理も要求される。

5 水質汚濁総合管理システム

5.1 総合管理システムへのアプローチ

水質汚濁の管理は扱う範囲が広域であること、汚濁の機構が複雑であること、基本的な対策には行政的措置が必要であることなどから、総合的な面からのアプローチを必要とする。現在、このような管理システムへのアプローチは環境庁、各地方自治体などで行なっているが、この場合考慮すべき事項は次のとおりである。

- (1) 水質目標の設定:利水目的のための目標と自然環境保全のための目標に大別されるが、目標を定量的に把握するためには多量のデータの蓄積とそれに基づく解析、被害分析、効果分析が必要であり、現時点では環境基準が目標とされている。最近は、

表2 水質自動連続測定項目例

	東京都	愛知県	ニューヨーク州
水 温	0~50℃	0~50℃	-5~+45℃
濁 度	0~100 } 0~1,000 } 度	0~1,000度	0~101,000 切換式(JCU)
p H	5~10	2~12	2~12
溶 存 酸 素	0~20ppm	0~20ppm	0~20ppm
C O D	—	0~20ppm	—
導 電 率	0~1,000 0~10,000 μV/cm	—	0~100, 100,000 切換式 μV
シ ア ン	0~10ppm	6~3PCN	—
水 位	—	—	変動値 0~10ft
太陽放射強度	—	—	0~25 kcal/cm ² /min
気 温	—	—	-40~+60℃
設 置 個 所	多摩川、隅田川 12箇所	木曾川、1箇所	ナイアガラ川ほか 9箇所
測 定 方 法	連続測定	一部バッチ測定	連続測定
設 置 年	1969	1970	1968

注:—印は測定を行っていないことを表わす。

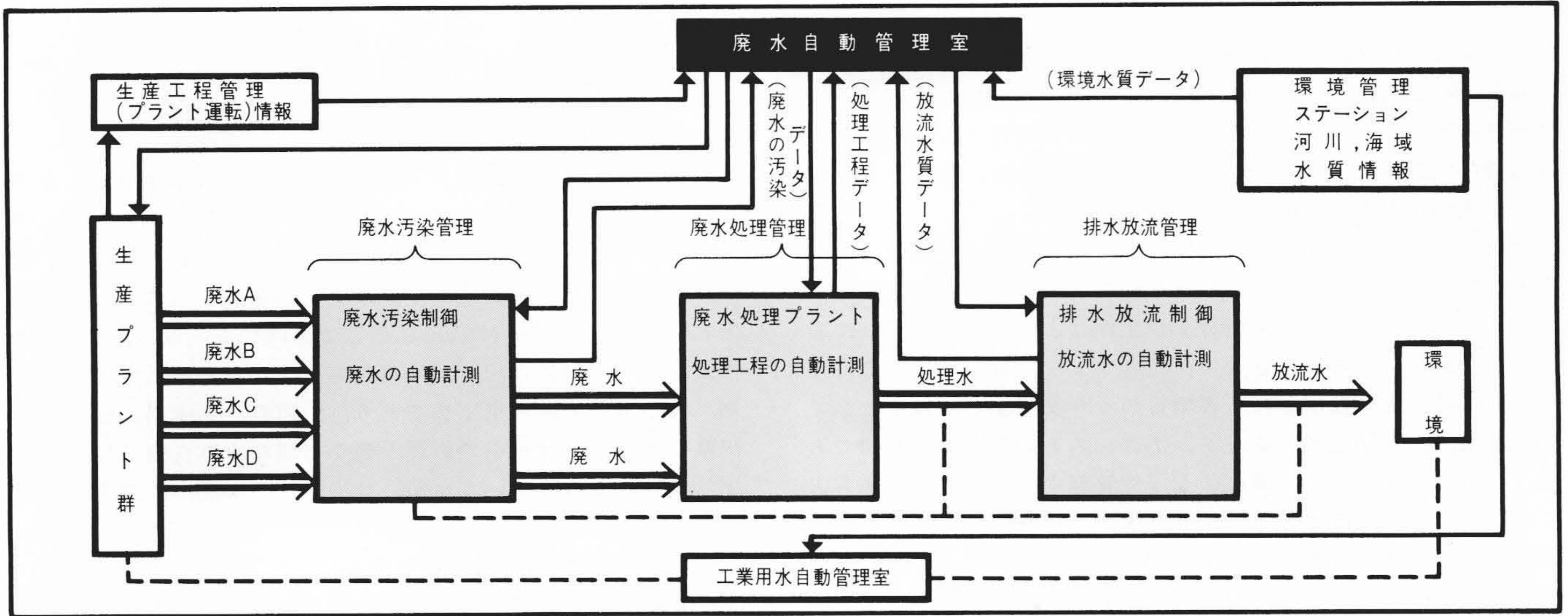


図3 産業廃水の自動管理システムブロック図

またその環境に許容しうる汚濁量という“環境容量”の考え方に立脚した行政計画が計画され始めている。

- (2) 地域範囲の決定：対象河川とその流域における河川分岐，合流，工場および人口分布，浄水場および下水場の整備状況，農業分布などからさらに水域類型指定の境界線から管理の対象となる地域全般を数個所に分割する。これは計算機処理によって全体の系統的管理を容易にするためである。
- (3) 汚濁現況の把握：水質汚濁の常時監視により，汚濁現況を全体的に把握する。また，移動観測車で流下方向，河川断面に対する汚濁分布を調査し，汚濁物排出源の分割地域ごとの分布状況を調べる。
- (4) 河川流量の把握：河川流量，流速の現況調査と流量増減の要因とその影響度を分析調査する。
- (5) 河川汚濁機構の解明：河川に流入した汚濁質が河川中を流下する際の自浄作用などを含め水理的機構を解明する。
- (6) 予測モデルの開発：上記(3)(4)(5)項を基礎データとして，汚濁量推移の時系列解析(傾向予測)および要因分析による長期予測モデルの開発を行なう。これらのモデルによる予測結果は中期および長期の行政対策として反映されるが，それには地域計画都市開発，設備計画を含む地域総合計画の全体的な推進が必要である。

5.2 システムの機能と構成

図2に示したように本システムの基本機能は(1)緊急処理，(2)中期対策，(3)長期対策における処理の方法を3本の柱として構成されたものであり，その構成の一例は図4に示すとおりである。

水質汚濁の測定データは計測伝送(HITOS)あるいは分析処理の形で制御用計算機HIDIC 500にポーリング方式で入力され，日誌作表，地図盤上への現況表示，街頭表示を行なうが， C_N ，メチル水銀など緊急処理の必要性あるものについてはその異常をタイプアウトとするとともに異常の時刻，該当汚濁質，異常値計測点，異常汚濁質の発生域，その影響する地域が地図盤上に表示される。これらの表示に必要な論理計算は，あらかじめ検討されたアルゴリズムに従ってHIDIC 500で行なわれる。また，登録された汚濁物排出工場を区分地域，汚濁質をキーにしてファイルし，オンラインによってCRT面上に該当地区における該当汚濁質排出源工場の一覧表を表示する。公害管理管と表示内容のマン・マシン・インターフェースにより，公害測定車を該当地区に出動させ，汚濁を実測し，排出源工場の一覧表をもとに汚濁質排出工場を突き止め，必要な行政措置をとる。一方，Cd，Crなど累積効果が問題となる汚濁質については，測定データを常時監視するとともに，その累積値の傾向をタイプアウトし，CRT表示を行なって，工場立地規制など中期的な行政施策として反映させる。さらに，

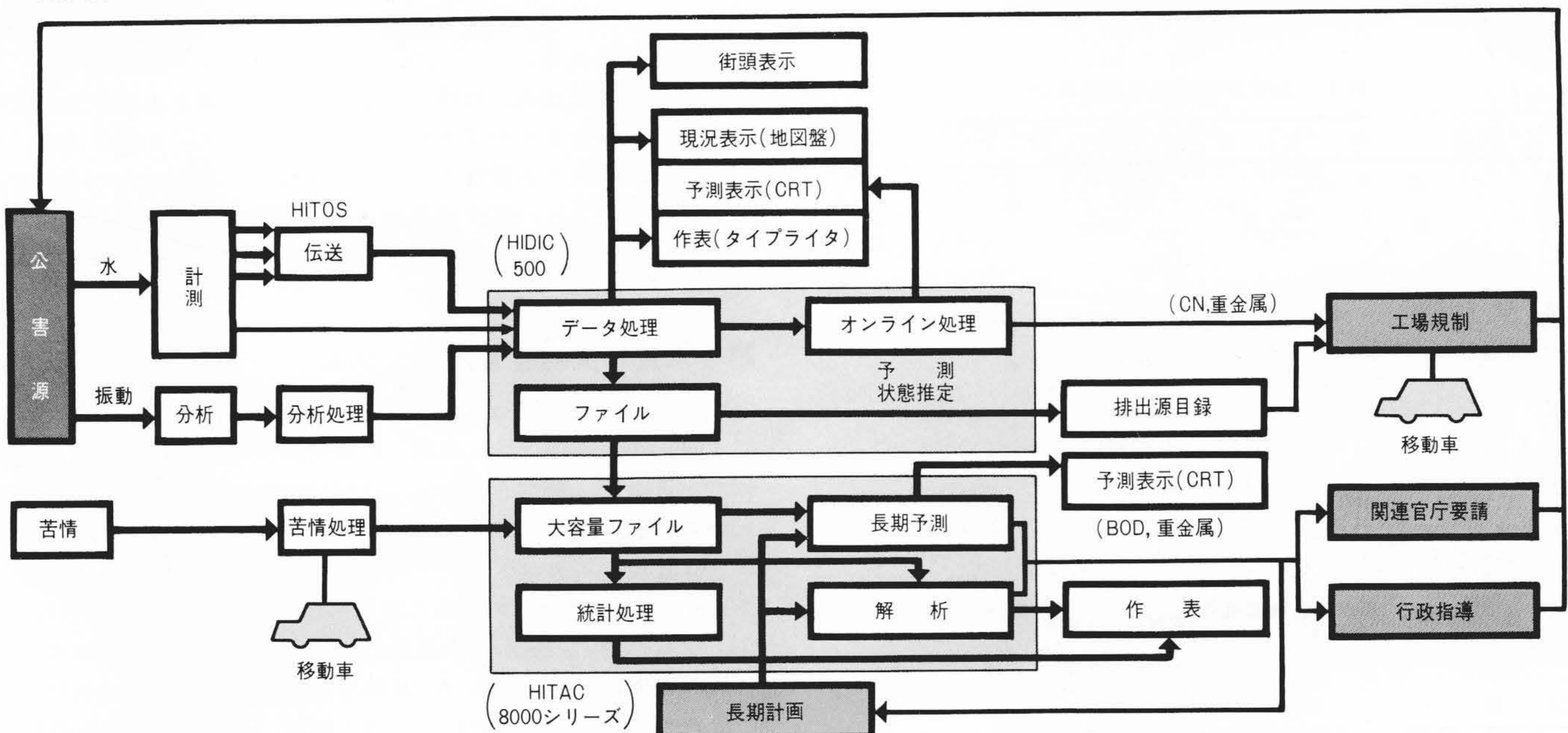


図4 水質汚濁防止の総合システムの構成図

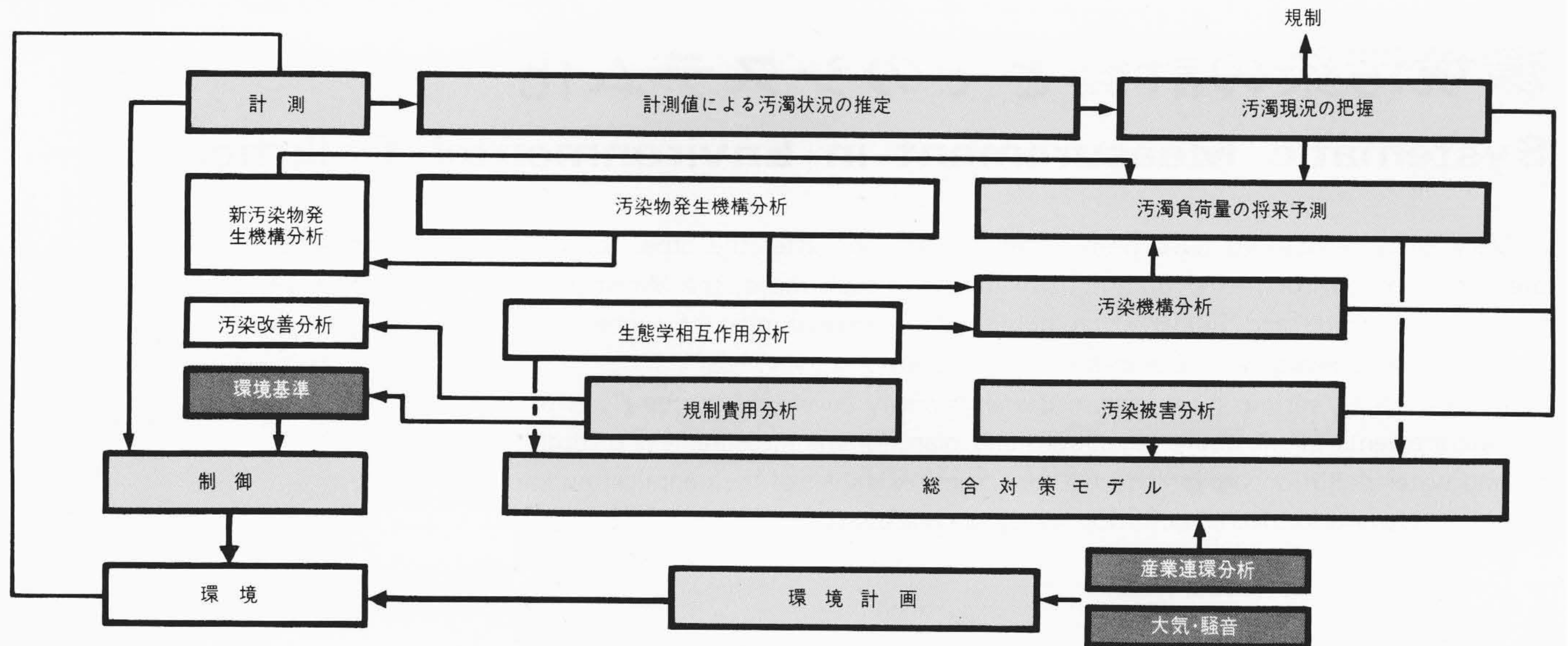


図5 解析システムの全体構成

BOD、TOCなど環境破壊が問題となる汚濁質については、測定データを大容量ファイルに蓄積しておき、統計処理によって汚濁度とそれに関連する人口増加、工場生産量、自浄作用、河川流量など要因との相関を求め、これに基づき河川汚濁の長期予測を行なう。CRT面上に表示された予測結果と下水場処理、廃水処理施設などの行政措置に対するシミュレーションにより各種の行政手段が評価され、選択される。これらの機能は汎用大形計算機HITAC 8000によって実現される。なお、この計算機では住民からの苦情がマークシートリーダーにより統計処理される。

5.3 解析システム

水質汚濁防止のためには、将来の汚濁状況を予測してその対策を講ずる必要がある。このような面から展望すれば解析システム全体の構想は図5のようになる。すなわち、計測値から汚濁状況の推定把握により工場規制を行なう一方、解析によって汚濁機構を解明し、汚濁防止のための行政措置とその被害評価によって有効な手段を選定する必要がある。これらの解析には新製品の製造や生産プロセスの変化に伴う新汚濁物の発生や工業生産の増大化に伴う潜在汚濁物の顕在化などによる新汚染物発生機構分析、汚濁機構分析、それらに基づく汚濁負荷量の将来予測や汚染と被害との定量的相関を示す汚染被害分析、あるいは工場規制とそれによる支出（費用）との関連を与える規制費用分析、また各汚染レベルにおける汚染度改善のための投入費用を評価する汚染改善分析、汚染と自浄作用の関連を生態学的な目でとらえる生態学的相互作用分析があり、これらを有機的に結合して水質に対する総合対策モデルが生まれ、効果的な環境基準を設定することも可能となろう。このような水質管理総合システムでは単に水質だけでなく大気、騒音、振動などの環境全体の浄化を目的とした環境計画の推進が有用となる。このような総合システムは国家的見地から計画されるべきであるが、解析のための十分なデータがない現況であるので、さしあたり河川汚濁機構の分析、汚濁負荷量の予測を行なうことが必要となろう。

河川汚濁機構分析は要因分析による汚濁源解析をもとにマクロ解析によって汚濁状況の推移分析が行なわれる。工場と家庭におけるそれぞれの負荷量を推定し、該当地区における排水処理設備の整備状況、排水ルートから、その地区の総負荷量を算出する。河川に流出するまでの着床、浄化作用、移送減衰を含め流出率 α (≤ 1) を乗じたものがその地区の河川流入汚濁量である。汚濁量が河川を流下する際の自浄作用を含めた水理機構を解析し、対象河川汚濁水質をシミュレートするモデルは、河川上の2点A、Bの水質を L_A 、 L_B とし、自浄係数を k 、A→B間の流下期間を t と

した場合、

$$L_B = L_A e^{-kt}$$

で表示され、河川の水質は流入汚濁量と自浄作用のバランスで決定される。臨海域における流入汚濁については直接流入の場合には河川流入汚濁量モデルを、河川を介しての間接流入の場合には河川汚濁シミュレーションモデルを使用する。そのほかに、海域における拡散モデルがあるがここでは省略する。

これらの解析モデルは汚濁の現況を把握し、将来の汚濁をマクロ的に予測するための効果的な手段である。たとえば、人口の増加、工場の建設や生産量の増加、あるいは河川の流量変動がどのように汚濁度に影響し、下水処理場や共同排水処理場の建設がいかに汚濁量の低減に寄与するかをシミュレートすることができる。一方、自浄係数、流出率、流下期間の決定には長期にわたるデータの解析が必要となろう。

6 結 言

以上、水質汚濁総合管理システムについてその概要を述べたが、水質汚濁の計測は微量測定、測定時間、サンプリング法などに基本的に未解決な問題があるにしても、生活破壊、環境破壊の進行している現在、水質計測器の開発を推進するとともに常時監視体制の確立、汚染データの蓄積と解析、予測管理の方向に方向づけを行なうべきであろう。水質管理に対して行政措置は必要不可欠のものであり、行政と技術の一体化したシステムの要望されるゆえである。

今後、関係諸機関、社内関連部署と協力し、本システムの確立にいつそう努力してゆきたいと考える次第である。

参考文献

- (1) 経済企画庁：水質保全のシステム分析（昭46、大蔵省印刷局）
- (2) 田中：計測と制御、11、3（昭46-3）
- (3) 矢部、生田：公害と対策、6、2（昭45）
- (4) 栗林、平野：オペレーションズ・リサーチ（昭46-7）
- (5) 渡辺：PPM（昭46-10）
- (6) 矢部：計測と制御、9、12（昭45-12）
- (7) 渡辺：コンピュートピア（昭45-9）
- (8) 内藤：システムと制御、15、4（昭46）
- (9) 砂原：化学工学、16、3（昭47-4）
- (10) 砂原：オートメーション、15、9
- (11) E.L.Macloman et al; Prelim, Repot of FWPCA (1966)
- (12) C.S.Shich et al: 4th National Water Resouce Conf. N.Y. (1968)