

# 環境汚染管理システム特集

環境汚染総合管理システム	59
大気汚染予測手法	65
大気汚染監視システム	71
水質汚濁総合管理システム	75
環境汚染の計測とそのシステム化	80

# 環境汚染総合管理システム Environmental Pollution Control System

Recently, environmental pollution is posing an increasingly serious problem. Since the phenomenon of pollution is highly complicated in nature its prevention needs a comprehensive control to be exercised over every field of industry where the pollution will possibly be originated. The total environmental pollution control system introduced in this article has been formulated to comply with such need. This total control system which incorporates computer technique is able to deal extensively with this problem with its high capacity ranging from on-line monitoring and controlling to data-based management. In view of the present status of the pollution it is expected that the need for this sort of control system will be all the more increased.

尾崎正道\* Masamichi Ozaki

## 1 緒言

最近の工業化の進展に伴い、生産量は増大し、資源の大量消費、大量廃棄が活発化する一方、大都市圏の拡大などによって環境の汚染ははなはだしいものになってきている。これらの大部分は、自然の受容能力は無限であるという錯覚のもとに、自然の浄化能力を越えた汚染質を長年にわたり廃棄し続けた結果生じたものである。それゆえ、汚染の解消や自然環境の復元は容易なものではなく、しかも深刻なことは、その汚染が人間の生活環境に重大な影響を及ぼしていることである。

環境汚染防止に関する世論の盛り上がりは近時急激なものがあり、これに呼応して環境庁をはじめとする政府機関および地方自治体においても積極的な姿勢が示されつつある。環境汚染対策は、本来汚染の未然防止をその基本方針としなければならないが、それには幾多の技術の開発が必要であるとともに、それを実施するうえでのさまざまな行政上の問題を含んでいる。したがって、効果的な対策を実施するには行政部門と技術部門との緊密な連携が必要になる。すなわち、それぞれの課題として、技術面では環境汚染の計測、汚染機構の究明、汚染被害の分析、汚染質除去装置の開発など、また行政面では汚染の常時監視、適正な規制の実施などがあり、しかもこれらは独立して解決しうる問題ではない。

このように複雑多岐にわたる環境汚染について、現状を把握(はあく)し、短期、長期両面よりの対策を策定していくことは、尋常の手段では不可能なことであり、局所的業務の範囲を越えていることは明らかである。その結果、当然のことながら、行政と技術の融合が大きな課題となり、さらに高度のコンピュータ技術を

導入し、総合的な観点にたった環境管理を実施しうるシステムが強く要求されることになるわけである。ここに述べる環境汚染総合管理システムはこのような要求に応ずるべく提案しているものである。大規模なシステムだけに一挙に実現されるものではなく、システムズアプローチにのっとり導入を図るべきものであるが、すでにこのような総合化を計画されようとしているところもあり、今後その必要性は急速に高まっていくと思われる。

## 2 環境汚染の管理

### 2.1 環境汚染の現状

環境汚染として一般に考えられているものは、大気汚染、水質汚濁、騒音、振動、悪臭、土壌汚染、地盤沈下などであるが、このほか廃棄物処理の問題に対しても世論の関心は高い。これらの汚染は、ますます広域化し、かつ多様化しつつある。公害白書、その他の文献を参考に汚染の現状を述べると概略次のとおりである。

#### (1) 大気汚染

汚染の原因は当初、工場、事業所の煙突より排出されるイオウ酸化物、粉じんが主であると考えられ、相当強い対策が進められてきた結果、これらについては、従来汚染の著しかった都市で汚染減少の傾向が現われ始めているところもある。しかし、全体的には汚染度は増加し、さらに広域化しつつある。昭和42~44年の3年間にわたり、連続して環境基準不適合測定点のあった都市は東京、大阪など17都市に及ぶが、その中のおもな都市の測定データを示すと表1のようになる。

表1 主要都市のイオウ酸化物濃度

(公害白書より)

都 市	汚染都市における最大汚染地点の年平均汚染濃度 (単位ppm)		
	42年度	43年度	44年度
東 京	0.074	0.080	0.085
川 崎	0.10	0.07	0.06
名 古 屋	0.051	0.054	0.056
四 日 市	0.081	0.052	0.051
大 阪	0.091	0.082	0.095
尼 崎	0.068	0.083	0.084
北 九 州	0.066	0.060	0.049

\* 日立製作所システム技術本部

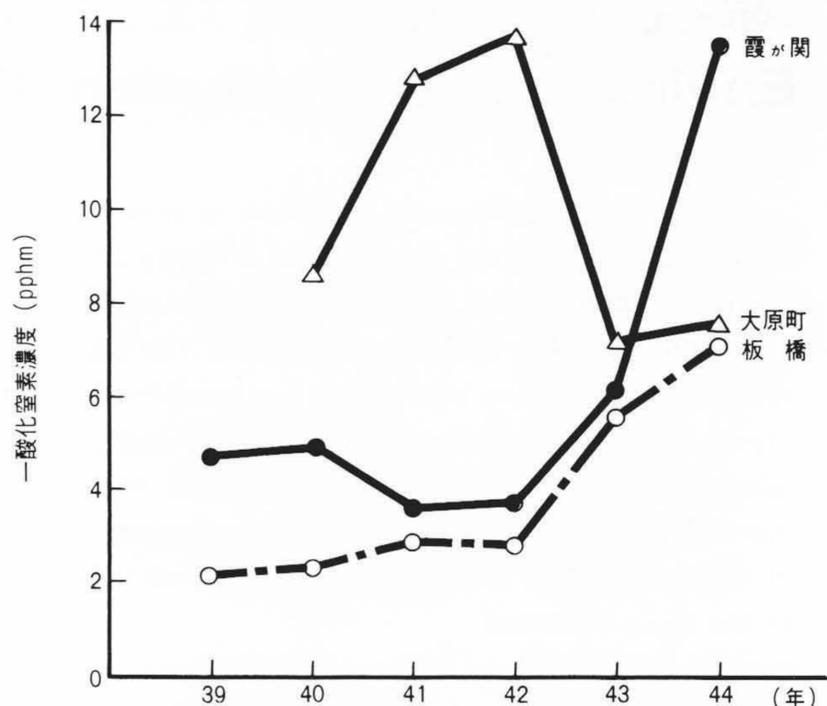
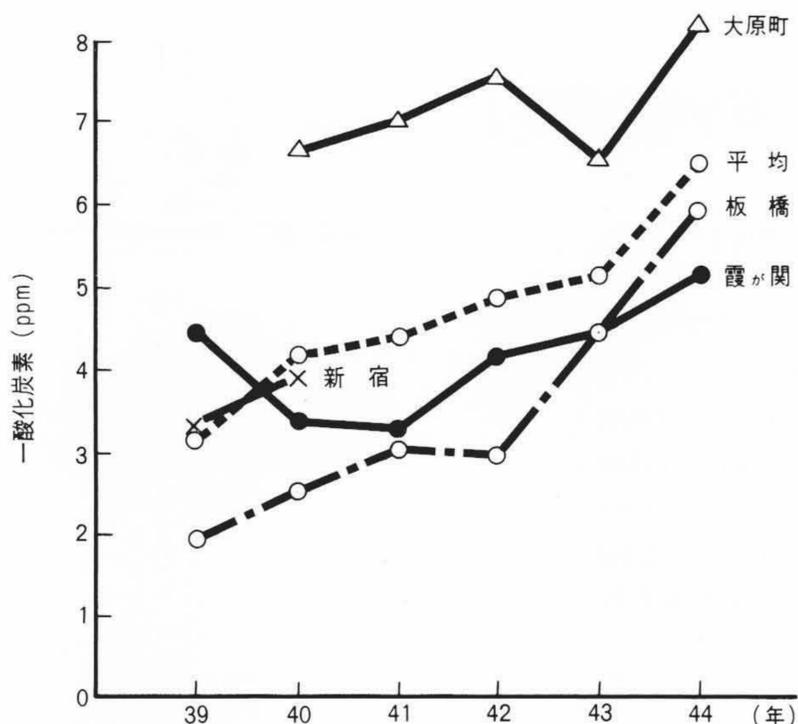


図1 東京都内3地点における汚染濃度(年平均値)の経年変化

また、大都市ではモータリゼーションの急速な進展によって、イオウ酸化物に代わり一酸化炭素、窒素酸化物などによる汚染が問題となってきており、特に窒素酸化物は光化学スモッグ形成の主原因物質として大きくクローズアップされている。図1は東京都内での測定の一例であるが、汚染の急激な上昇が見られる。

このほか特殊な地域に限られてはいるが、フッ化水素ガス、塩素ガスなどによる農作物に対する被害が問題となっている。

(2) 水質汚濁

急速な経済成長に伴う水消費の増加と汚染因子の増加によって、水質汚濁は悪化の一途をたどり、かつ多様化している。その傾向は次の点に特徴づけられる。

(a) 大都市や工業都市の河川汚濁が著しい。

これは人口、工場の集中による排出量の増加、下水道整備の立遅れなどによる。昭和43年度における都市河川水質の調査結果は表2に示すとおりである。

(b) 水質汚濁が全国的規模に拡大しつつある。

(c) 汚濁形態が多様化し、所要測定項目が増加している。産業構造の高度化と消費の多様化によるもので、pH、BODなどの測定項目に加え、油分、重金属などの測定が必要になった。

(d) 海域汚染が著しくなっている。

このような水質汚濁の原因は、上記の傾向に対する適切な対策の立遅れにあるとあってよく、その影響は水道原水の汚濁という直接的なものにとどまらず、農産物、水産物、さらには自然環境の破壊にまで及び、いまや水質汚濁は大気汚染よりも深刻な様相を呈しているといってもさしつかえない。

(3) その他の環境汚染

騒音、振動は最近新聞のニュース面をにぎわすことが多くなっているが、図2に示すように苦情、陳情の件数が最も多い。これは発生源が多種雑多であり、しかもそれらが住居地域と混

表2 都市河川の水質汚濁状況 (単位ppm)

(公害白書より)

水域名	地点名	DO		BOD	
		幅	平均	幅	平均
荒川(甲)	両国橋(隅田川)	0-10	1.8	0-40	13.5
	小台橋(隅田川)	0-10	2.7	0-50	19.2
	志茂橋(新河岸川)	0-10	4.6	0-25	12.6
荒川(乙)	葛西橋(荒川)	0-10	2.8	0-15	7.3
	荒川新大橋(荒川)	0-10	5.9	0-15	7.9
荒川(丙)	入間大橋(入間川)	0-10	8.1	0-10	2.7
	開平橋(荒川)	0-10	8.0	0-5	1.8
東京城南	金杉橋(古川)	0-5	0.7	0-125	54.5
	太鼓橋(目黒川)	0-10	3.1	0-55	37.1
	中立会橋(立会川)	0-10	3.8	0-95	73.2
	富士見橋(内川)	0-10	3.1	0-90	65.2
	夫婦橋(呑川)	0-10	2.2	0-50	28.2
鶴見川(甲)	大綱橋(鶴見川)	0-10	6.9	0-40	11.3
鶴見川(乙)	未吉橋(鶴見川)	0-10	5.6	0-20	8.9
淀川	枚方大橋(淀川)	0-10	10.0	0-20	5.6
	柴島取水点(淀川)	0-10	7.9	0-5	4.7
宇治川	宇治御幸橋(宇治川)	0-10	9.3	0-5	2.5
大和川	浅香山取水点(大和川)	0-10	6.8	0-55	25.5
多摩川	調布取水堰(多摩川)	0-10	7.0	0-20	8.2
仙台市内	広瀬橋(広瀬川)	0-10	12.1	0-10	5.2
	閑上橋(梅田川)	0-10	10.5	0-15	11.5

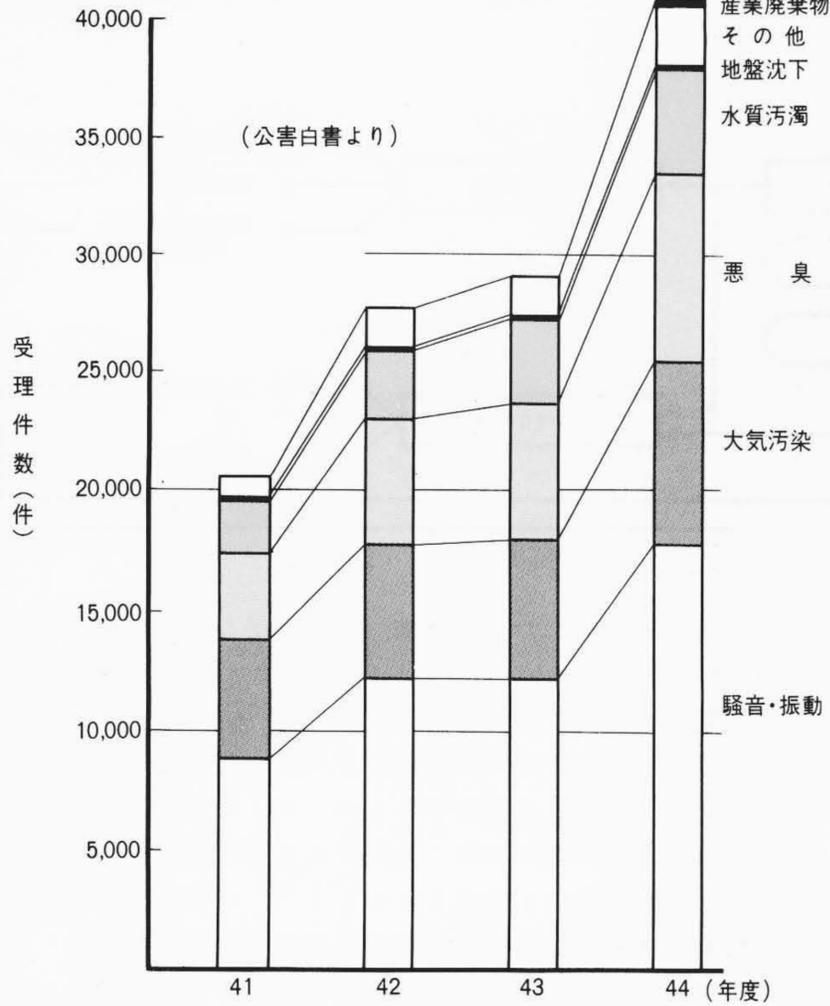


図2 公害にかかわる苦情、陳情の推移

在しているということに基因している。また、大気汚染、水質汚濁などには、たとえば汚染濃度のような科学的、客観的指標があるのに対し、騒音は単に騒音レベルという物理的指標のみならず、情緒(じょうちょ)的および心理的影響を考慮しなければならないため、ますます複雑となり、最も解決の困難なものとされている。

悪臭も騒音と同様に人間の感覚を直接刺激するものだけに苦情が多い。しかも、工業都市においては化学薬品類、農漁村においては養豚、養鶏など、都市、農漁村を問わず問題になっている。

土壌汚染の問題は、現段階ではカドミウム、銅、亜鉛などの重金属による汚染が主であると考えられるが、カドミウムについては人間の健康上問題が大きいので、その汚染の進んでいるところは、“カドミウムの環境汚染要観察地域”として指定されている。また、銅、亜鉛については農作物に対する影響が問題とされている。

地盤沈下については、大都市周辺における工業立地、人口集中に伴う地下水のくみ上げによるものと考えられるが、その範囲がしだいに広まってきており、規制策が講じられつつある。

2.2 総合管理システムの必要性と発展の動向

上述のような環境汚染に対し、昭和46年環境庁が発足して公害行政の一元化が図られたのに伴い、県や市の各地方自治体でも積極的な対策が講じられつつある。ただし現状では、大気、水質など汚染対象別に行なわれている場合が多い。

大気汚染については、かなり以前から問題にされていただけに、イオウ酸化物や粉じんに対しては汚染の監視態勢も比較的整備さ

れているようである。特に最近では各県とも監視網をテレメータ化して集中監視し、緊急時に即応できるようにする傾向が強まってきている。昭和46年度末で、テレメータ化の状況は概略表3に示すようになると推定される。

これらの監視システムは、さらに次のような動向をもって発展しつつある。すなわち、

(1) テレメータ化の対象の増加

従来、環境の大気汚染濃度が対象になっていたが、高濃度汚染時には排出量そのものを監視するという観点から、排出源煙道ガスの濃度もテレメータ化の対象とされつつある。今後はさらに水質、騒音などのテレメータ化へと進んでいくであろう。

(2) 測定項目の増加

大気汚染を例にとっても、初期は、イオウ酸化物、粉じん、風向、風速の4項目が対象であったが、最近では一酸化炭素、窒素酸化物、オキシダントなどが加わり、十数項目に達することもある。

(3) 観測局の増加

汚染の広域化に伴い、観測局の数は増加している。特に工場地帯では排出源煙道ガス濃度の観測局が増加し、監視網は大規模化していく。

(4) 他システムとのデータ交換

汚染の広域化と規制権限の問題から、管轄内の観測データのみでは処理できなくなり、他の機関との観測データの交換が必要になってきている。そのおもなものは次のとおりである。

- (a) 隣接地方自治体：気象状態によっては汚染が2県以上にまたがって影響し合うケースが多くなっている。
- (b) 管轄下の自治体：市のレベルでも独自に監視網を設置する傾向にあり、県レベルはそれらの市と観測データを交換することになる。
- (c) 建設省、海上保安庁など：河川、海域の管理にはこれらの機関が関連し、それぞれ管轄する部分に対し監視網を計画している。
- (d) 警察：交通管制の権限をもっているため、自動車排ガス汚染による規制が必要な場合、汚染濃度、交通量などの諸データを交換することが必要になる。
- (5) システムの高機能化

高濃度汚染時の警報発令、規制指令、観測データの表示など監視に関連した業務の自動化が図られるとともに、しだいに大規模化していく汚染データの処理、解析などのために、専用の大形電子計算機の導入を計画するところがふえてきている。

水質汚濁、騒音など大気以外の汚染に関する監視の態勢はかなり遅れている。しかしながら、汚染の広域化、多様化および複雑化はますます激しくなる一方である。たとえば、最近話題になっているPCB汚染では、汚染質は大気、水、土壌にわたって存在し、汚染の経路も複雑であって、その影響は人間生活に大きく食い込んできており、しかも、人体に対する影響を検討する基礎データもそろっていないありさまである。当然のことながら、このような汚染に対しては、従来のように対象別に監視し、対策を実

表3 環境汚染システムの設置状況

	環境大気汚染関係				排出源大気関係			公害データ 処理用 Comp設置	
	テレメータ 設置数	テレメータシステムの規模			テレメータ 設置数	テレメータシステムの規模			
		A 局数20以上 全項目150 以上	B 局数10~19 全項目50~ 150	C 局数10以下 全項目50以下		A 局数50以上 全項目200 以上	B 50未満 200以下		
県レベル	約20	20%	30%	50%	3	30%	70%	25%	15%
市レベル	約25	5%	15%	80%	1		100%		

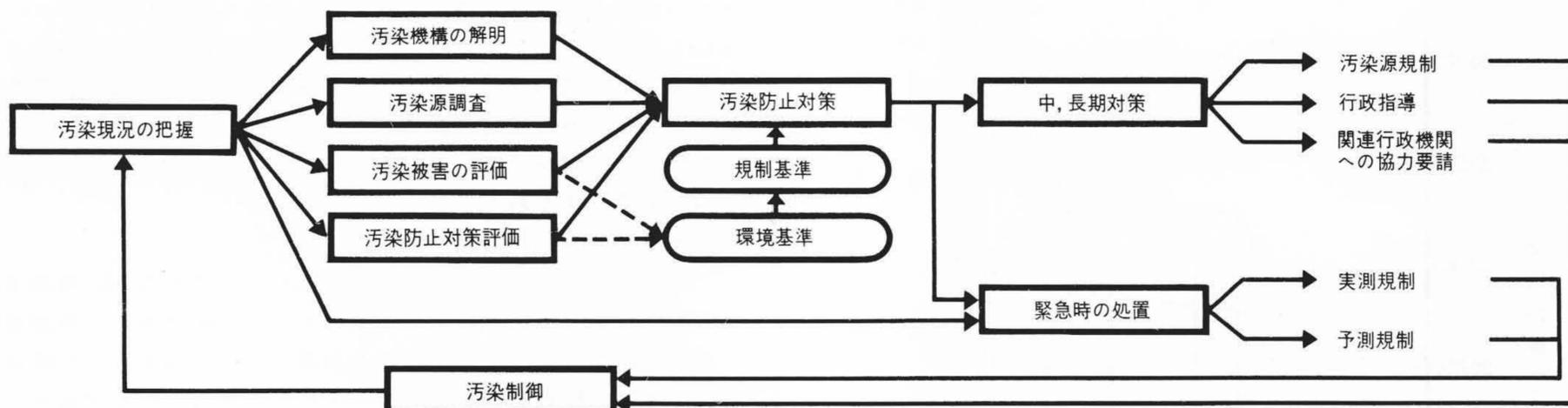


図3 環境汚染総合管理へのシステムズアプローチ

施していったのでは片手落ちで、根本的な解決とはなりえない。したがって、今後は、単に環境汚染を個別に監視するのみにとどまらず、汚染を未然に防止する環境制御の立場にたった総合的な対策が必要になる。すなわち、現在問題になっている大気汚染、水質汚濁などのほかに、今後問題になると予想される汚染までを含めて、汚染の機構、影響などを究明し、総合的にその実状を把握することにより方策を策定しうる機能をもったシステムの実現が強く要求されるわけである。それには広範囲にわたり、しかも膨大な量の情報を処理ならびに解析していくことが必要となり、最新のコンピュータ技術を駆使してこそ総合システムとしての機能を発揮することが可能になる。すでに地方自治体の中にはこのような動向が見られ、今後ますます強まっていくものと推察される。

### 3 環境汚染総合管理システム

#### 3.1 システムズアプローチ

前章で述べたように、環境汚染は幾多の要因がからみあった複雑な問題であるため、総合管理システムの策定には系統的なアプローチが必要である。

まず、環境汚染の問題の特質を考えると次のようになろう。

- (1) 人間の生活環境に及ぼす影響が大きい。  
このことは、単に人間の健康を考えるのみでなく、資源の循環、食物連鎖など自然界のバランスの回復を考慮したエコロジカルなアプローチの重要性を意味している。
- (2) 動的な不確定システムである。  
社会の変化、技術の進歩などを含む人間の活動と密接な関係をもち、かつ、気象、海象などの不確定要因に影響されるので、長期的にも、短期的にも適応性をもつことが必要である。
- (3) 広域かつ大規模なシステムである。  
環境汚染の問題は空間的にも、時間的にも、また対象とする範囲のうえでも規模が大きいばかりでなく、その管理には、技術上、行政上の問題が複雑に関連するので、高度のシステム技法を活用しなければ管理システムは実現できない。  
これらの特質を勘案のうえ、アプローチの概要を示したのが図3である。すなわち、まず汚染現況を把握することが必要であり、そのデータに基づき、汚染源の分布調査および特性解析、汚染機構または汚染経路の解明、汚染被害の解析などが行なわれる。汚染被害の解析については人間の生活、健康に関する影響のみならず、農水産物、建造物に対する被害のような経済損失もあわせて考慮する必要がある。また、防止対策については直接的費用のほかに、必要な技術開発に要する費用も含めて考えることが重要である。これらを検討の結果、環境基準ならびに排出基準が決定され、具体的防止対策が策定される。対策としては長期対策、中期対策と緊急時の規制とに分けて考えることができる。その内容は概略次のようなものであろう。

- (1) 長期対策：排出源の集約、分散化による適正配置などを含む

地域開発計画、将来の社会機構、流通機構などを考慮した社会環境の整備計画、あるいは汚染質発生のきわめて少ない新プロセスの開発などの抜本的対策。

- (2) 中期対策：汚染質除去装置の普及、集中暖房など主として技術の進歩により実現を期待するもの、および汚染監視、予測体制の整備など比較的短期間で実現する見通しのあるもの。
- (3) 規制：高濃度汚染が予想されるときに、汚染源に対し操業短縮、低イオウ重油への切換えなどを要請する緊急対策。

これらのうち、従来は汚染状況の監視に基づく規制あるいは中期対策がその主流を占めていたが、環境汚染の深刻化とともに汚染濃度を指標とする規制のみでは解決しえないという認識が高まり、環境容量をベースとして排出源の設置にまで規制の範囲を拡大し、排出量を減少させるという長期対策に重点が置かれつつあるように思われる。

#### 3.2 システムに要求される機能

前述のアプローチにのっとり業務を遂行するために、システムに要求される機能は、計測情報の収集、監視、規制、広報、情報検索、情報解析などであろう。各機能の内容は概略次のとおりである。

- (1) 計測情報収集  
対象とする地域の環境汚染および排出源濃度の観測データをテレメータにより中央に収集するものであるが、汚染の広域化、多様化により収集するデータが急激に増加しつつあるので、これに対処しうる伝送システムの採用が必要である。
- (2) 監視  
テレメータで収集された観測データに基づき、環境汚染の状況と排出源濃度を常時監視し、緊急時に備える一方、汚染質発生設備の届出書類の内容と現状との照合も並行して実施し、きめの細かな監視を効率よく行なうことが要求される。
- (3) 規制  
汚染質の発生を減少させるための行動で、前述の緊急時の規制と長期対策的な規制をあわせて考慮することが必要である。最近では予測技術を導入して汚染を未然に防止し、規制をより効果的なものにしようという傾向もある。
- (4) 広報  
テレビ、印刷物などのほかに、街頭表示盤を設けて、汚染の状況を住民に知らせることも必要になるであろう。
- (5) 情報検索および情報解析  
環境汚染に関連したデータを蓄積し、必要に応じ迅速に検索し、利用しうるシステムにしておくことが必要で、これにより情報利用度の飛躍的向上が図られる。  
総合管理システムは、コンピュータ技術を駆使することによってこれら要求される機能を有機的に融合し、トータルシステムとして運用しうるものでなければならない。上記の機能を分析すれば、必要なコンピュータ技術は次の三つに要約される。

(1) オンライン処理技術

多量の計測情報の収集と汚染の予測など高度の判断を伴う緊急時の処置には不可欠の技術である。

(2) データベース・マネージメント・システム

現状の把握のみならず、将来の汚染を未然に防止するという観点からのデータの蓄積、保管はぜひとも必要である。

(3) 解析技術

汚染モデルの開発、各種シミュレーション、要因分析なども大規模に実施しうることが必要である。

3.3 システムの構成

前節に述べた考え方を基に構成したシステムを図示すると図4のようになる。このシステムは、A、B、Cの3レベルの計算機より構成されるハイアラキシステムである。すなわち、大気、水質、騒音などの汚染に関する観測データは伝送システムにより中央に伝送され、Cレベルの監視用計算機で処理される。その結果は作表あるいはファイリングされるとともに地図盤に表示される。伝送およびこれらの処理内容は、後述の“大気汚染監視システム”で詳述されるのでここでは省略する。

Bレベルの計管機はCレベル計算機で処理された観測データを一定時間ごとに取り込むとともに、関連他機関との間で観測データの交換を行ない、それらのデータに基づき、緊急処理の必要のある場合には汚染の予測計算を実施する。予測計算には、後述の“大気汚染予測手法”に記載のモデルが使用され、その計算結果と現況とを比較判断のうえ、工場に対する規制ならびに関連機関への協力要請が行なわれる。これらの作業を円滑に効率よく実施するために、CRTディスプレイ装置の活用など、マンマシンコミュニケーションには十分な配慮がなされている。

Aレベル計算機はデータベース用大形計算機であって、Bレベル計算機で整理された観測データ、届出書類のデータなどが大容量のファイルに収納されており、担当部署に設置された問合せ用

端末装置より必要に応じて読み出される。また、大規模な計算を行なう能力をもっており、汚染機構や被害の分析、予測モデルの開発、各種シミュレーションなどが行なわれ、その解析結果は汚染改善方策あるいは都市計画などを含む長期計画に反映される。

このハイアラキシステムを構成する具体的ハードウェアとしてはそれぞれの分担業務に応じ、たとえば次のように最も適切な計算機が使用される。

- データの伝送およびCレベル：HITOS（後出）
- Bレベル：制御用計算機HIDIC500または700
- Aレベル：汎用計算機HITAC8000

また、この総合管理システムにより得られる利点は次のとおりである。

- (1) 環境汚染に関する行政部門と技術部門の融合が可能になり、規制とそれによる環境改善との因果関係を把握することができる。
- (2) 環境汚染全体に対し総合的な立場から対策をたてることができ、系統的なアプローチに基づく汚染対策を実施しうる。
- (3) データベース・マネージメント・システムの導入により、情報検索および処理の能力が飛躍的に向上する。
- (4) 現況表示と予測表示の有機的つながりにより有効な規制が期待できる。
- (5) 現在の汚染のみでなく、将来起こりうる汚染に対しても、十分な拡張性、融通性をもって対処しうる。

3.4 システム導入例

前述のように、環境汚染全般にわたって総合的に管理するシステムの必要性は急速に高まってきているが、なにぶん大規模なシステムだけに一挙に実現しうるものではなく、段階的導入が必要である。

愛知県では昨年来、大気汚染に関し、単に監視のみならず、汚染の解析、予測までを含めた総合システムを計画し、近く計算機導入を主としたその一部が完成する。図5は全体のシステム系統

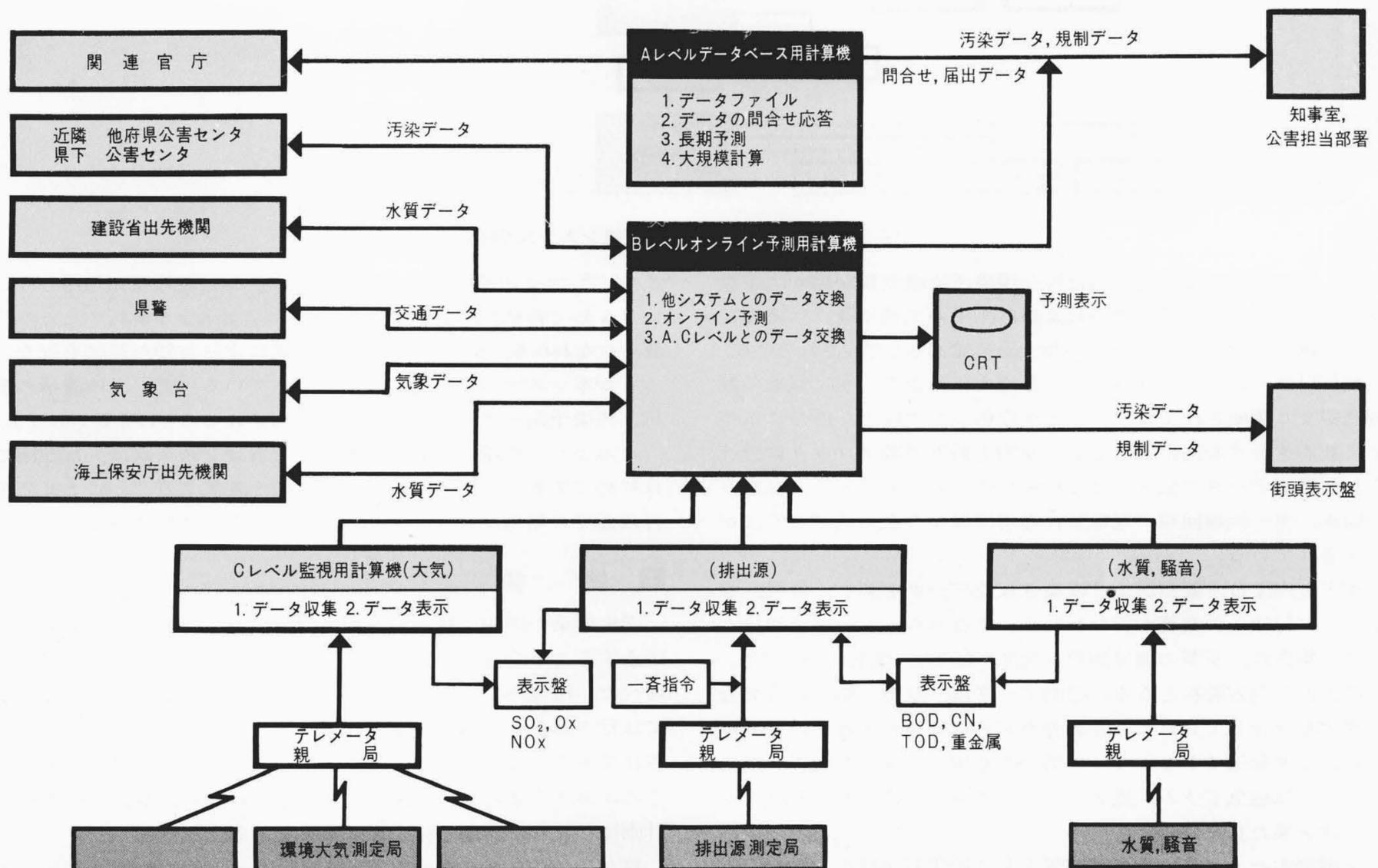


図4 システム全体構成

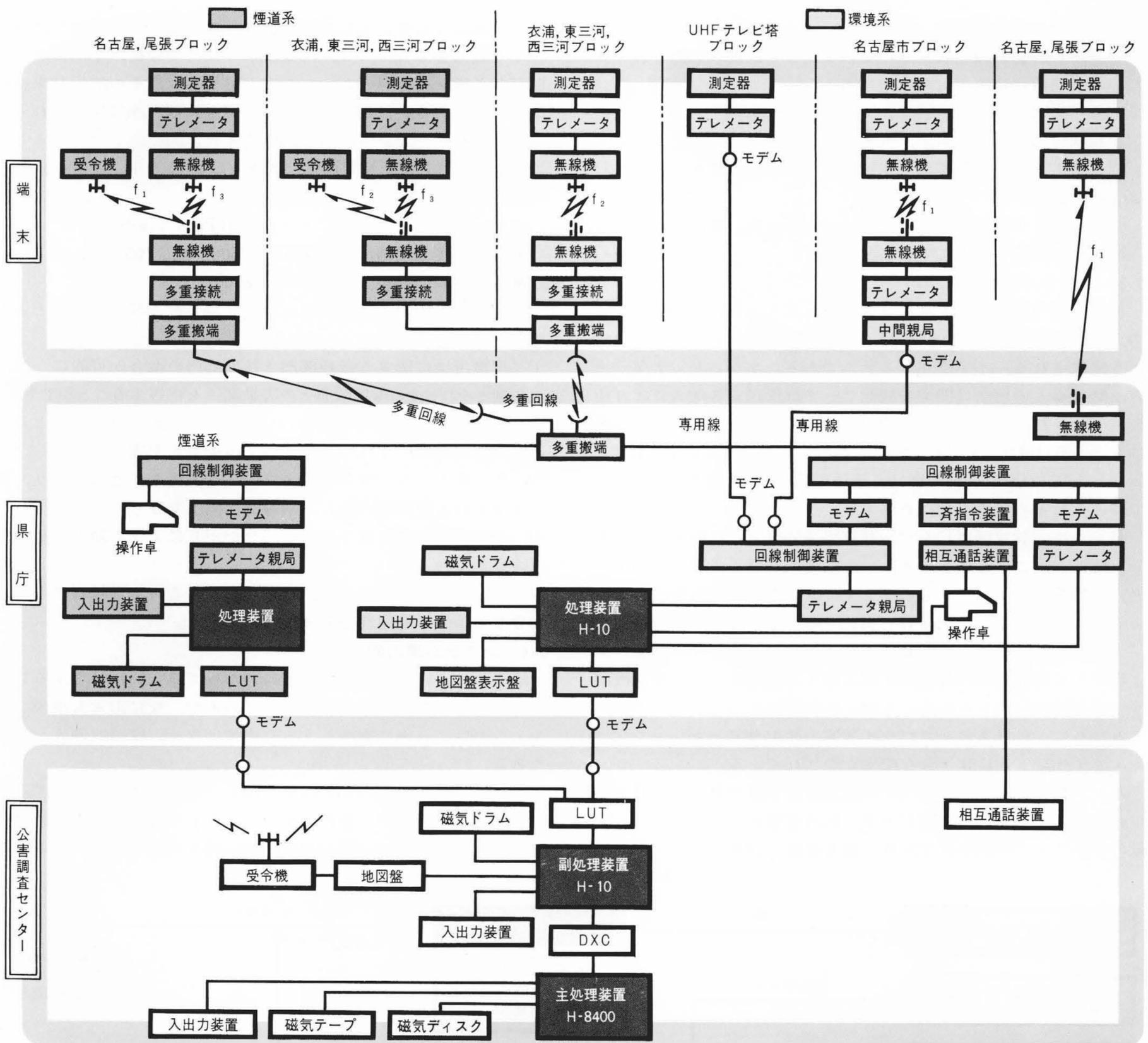


図5 愛知県大気汚染総合監視システム系統図

を示したものである。観測局は現在環境汚染濃度観測局が二十数局あるが、今後環境系の増設および計画中の工場煙道ガス濃度観測局の新設などにより将来は百数十局に達すると想定されている。

観測局はテレメータ受信装置、各種大気汚染ならびに気象の観測機器より構成されており、県庁本庁舎よりの呼出し信号に基づいて観測データが選出されるが、運用上県下は数ブロックに分けられ、観測データの伝送にはそれぞれのブロックごとに、無線多重回線、単一无線回線、電電公社専用回線など最も適切な方法が採用されている。

本庁舎内では、観測局より収集されたデータを基に、監視、規制などの行政上の業務が行なわれる。すなわち、データは20分ごとに収集され、所要の演算処理が施されたのち、盤上に表示され、汚染状況の判定資料となる。観測データは、収集の都度、電電公社専用線を介してさらに公害調査センタに転送されるが、種々の原因により転送できなくなった場合を考慮し、本庁舎内のサブシステムには磁気ドラム、紙テープパンチャが設けられ、バックアップの役を果たしている。

公害調査センタには主処理装置としてHITAC8400、副処理装置としてH-10が設置されている。H-8400では、収集データをファ

イルして、汚染の予測あるいは将来の計画などの計算に利用しうるような形で蓄積されるとともに、種々の統計および解析のための計算が行なわれる。なかでも、汚染の予測により有効な規制を行なうことが本システムの目的の一つとなっているので、汚染機構の解析、汚染予測モデルの開発などに活用されることになるであろう。

このように専用の計算機を導入した管理システムは、わが国では初めてであって、コンピュータ技術を駆使することにより公害行政面での効果がいっそう高まることが期待されている。

#### 4 結 言

環境汚染の問題に対して、環境制御の立場から、汚染を未然に防止することを目標に総合的に管理するためのシステムについて述べた。環境汚染が深刻な社会問題となり、ppm濃度による規制では行き詰まって環境容量をベースとした対策がクローズアップされてきているおりから、このようなシステムの必要性は大なるものがあり、またその効果も大きいと思われる。本稿がシステム計画になんらかの参考になれば幸いである。

終わりにあたり、貴重な資料を提供された愛知県環境部および公害調査センタのかたがたに厚く御礼を申しあげる。