

解説

公害監視システムにおけるコンピュータの利用*

黒崎悦明** 久保浩**

1. まえがき

我が国では、経済の高度成長がすすみ、工業開発が促進されるにつれて、資源の大量消費、都市への過度の人口集中等による環境破壊は、他国にその例を見ないほど深刻なものがある。

本解説では、大気、水、土壌の環境汚染現象のうち、特に大気汚染についてその監視対策の必要性、監視システムに要求されるニーズを明確にし、監視システムの現状の紹介と大気汚染防止における今後のコンピュータの役割りについて述べる。

2. 公害防止対策

「環境破壊」とは、一般に、「人間および動植物の生活の場である環境、即ち、大気、土壌、山野、河川、湖沼、海洋等が、自然のもつ回復能力を越えて破壊されたり、汚染されること」と定義づけられよう。

汚染要因は (1) 人為的なもの

(2) 人為的でないもの

に大きく分けることができる。大気汚染についていえば、(1)の要因による汚染物質として、自動車、工場、あるいは火力発電所、暖房、その他から排出される鉛化合物、炭化水素 HC、窒素酸化物 NO_x、一酸化炭素 CO、炭酸ガス CO₂、亜硫酸ガス SO₂、オキシダント Ox、ばい煙、etc がある。(2)の場合では、火山灰、宇宙塵や海塩等がこれに相当する。

上記の汚染要因のうち、(1)の人為的なものにもつばら焦点があてられるのはしごく当然であろう。

図-1は、米国における汚染物質の排出量に関する、1940年以降の経年変化状況である。いずれも正の勾配をもつが、とくに、CO、および NO_xの増加が目立ち、これらはいずれも交通機関および工場、事業所

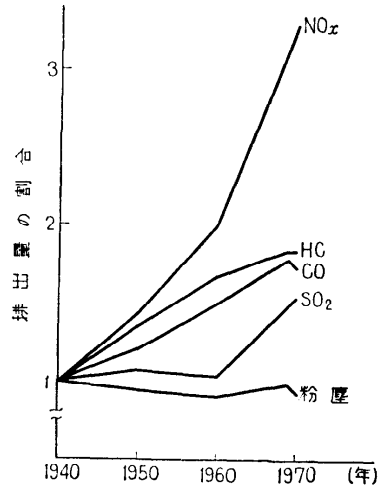


図-1 全米大気汚染物質排出量の年次変化

表-1 1970年全米大気汚染排出物の推定排出量 (単位 100万トン) (資料 "Environment Protection Agency" より)

発生源	一酸化炭素	粒子状物質	二酸化硫黄	炭化水素	窒素酸化物	排出総量割合(%)
交通機関	111.0	0.7	1.0	19.5	11.7	54.6
固定電産物の燃焼過程	0.8	6.8	26.5	0.6	10.0	16.9
工業プロセス	11.4	13.1	6.0	5.5	0.2	13.7
固体廃棄物処理	7.2	1.4	0.1	2.0	0.4	4.2
その他	16.8	3.4	0.3	7.1	0.4	10.6
総計	147.2	25.4	33.9	34.7	22.7	100.0

ならびに家庭から排出される汚染物質に最も大きく起因していることが表-1からわかる。総量の比較でも、全体の 85.2% が、上記 3つの発生源に因づくものであり、交通機関(とくに自動車排気ガス)と工場、事業所や家庭からのばい煙の影響がいかに大きいかかわかる。

都市およびその周辺の大気中に排出されたこのような大量の汚染物質は、当然、生物の生存に重大な影響を及ぼすことになる。

* The Use of Computer of the Monitoring Environmental Pollution by Yoshiaki KUROSAKI and Hiroshi KUBO (OKI Electric Industry Co., Ltd.)

** 沖電気工業(株)

欧米においては、1930年ベルギーのミューズ事件からはじまり、1948年米国のドラノ事件、1952年ロンドンのスモッグ事件にみられるような急性呼吸器疾患による多数の死者を出した例がある。

このように、大量の死者を出すに至らぬまでも、大気汚染による公害病認定患者が依然として多いことは、我が国でもよく知られている事実である。我が国で亜硫酸ガスによるスモッグ注意報が最初に発令されたのは、昭和40年であった。

以上、大気汚染による健康、生活環境の被害を分類すると、

- (1) 健康悪化（呼吸器系，眼系）
- (2) 不快感（悪臭，青天の喪失）
- (3) 農作物成育障害（成育不良，太陽エネルギーの低下による品質，収穫量低減）
- (4) 腐食（金属や家財の腐食，着衣のよごれ）
- (5) その他（心理的影響）

に分れよう。

このように、住民の生活環境に直接悪影響を与える大気汚染公害問題に対する防止技術の開発はきわめて意義ある課題であり、かつ、急務の問題である。

防止技術としては

- (1) 浄化する技術
- (2) 測定，収集し，かつ被害を避ける技術
- (3) データを解析し未然に防止する技術

に類別することができる。

(1)の浄化する技術，即ち，汚染要因を取り除く技術は，第一次的な基本技術として重要であるが，これは排出源である個々の装置の改良，燃料の改善，浄化装置の開発などの個々の技術開発を待たなければならず，また本文の目的とするところではないので，以下では(2)および(3)について説明しよう。

昭和42年に制定された公害対策基本法の内容によると，環境を生物の生存に適するような状態に維持することに大きなウェイトが置かれている。即ち，地域全体の汚染の総和をとらえることにより，住民の健康を保護し，生活環境を保全する上で維持されるべき基準，いわゆる環境基準を制定し，その維持を実現することが目的とされている。

そこで上記(2)の汚染状況の把握と被害を避ける問題に関しては、図-2に示されるように、汚染状況の監視と住民への周知、および発生源の監視と規制を地域的に行う大気汚染監視網が必要とされ、地方自治体単位の公害行政の一環として導入され、実施されてい

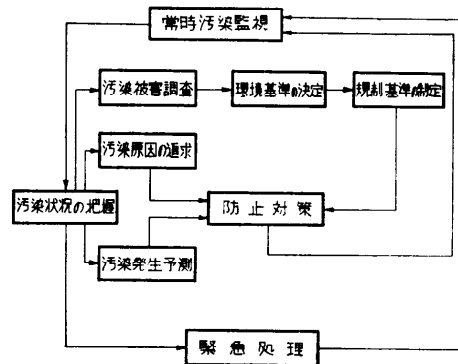


図-2 公害防止対策

る。

(3)については、直接的には予測技術を用い、その結果によって数時間、あるいは前日に発生源に対して適正な規制を要請あるいは実施する方法が検討されており、間接的かつ長期的には、計測データの解析に基づいて、工場、道路の適正配置、大規模工業立地の策定など都市計画行政に反映させていく努力がなされている。

3. 大気汚染監視システム

3.1 監視システムの機能

計算機を導入した大気汚染監視システムでは、大きく分けて次の三つの機能を必要とすることが、前章の説明から明らかとなる。

- (1) 大気汚染の常時監視
- (2) 発生源の監視
- (3) 連絡，周知

これらの概要について以下に述べる。

(1) 大気汚染の常時監視

常時監視機能では、住民の健康を守る立場からデータの把握および処理の迅速性がとくに要求され、いわゆるオンライン・リアルタイム処理が行われる。

測定の対象は、SO₂、CO₂、NO_x、粉塵、O₃の他、風速、風向、温湿度等である。被監視地域に設置された数十の観測局（子局）は、一定時間ごとに呼び出されて、それらの計測データはテレメータでセンタに収集され演算処理が施される。

演算処理内容は、一般には、

- a 高濃度の判定と警報，表示
- b 濃度の平均値計算
- c 時報，日報，月報，年報処理

d 大容量メモリへの収録

がある。

演算結果の表示には、グラフィック表示盤のほかに近年 CRT ディスプレイが多く使用されるようになった。この場合、「平常」「注意」「警報」の危険クラス別に色別表示可能な、カラーディスプレイが有効となる。c項の月報、年報については、別のオフライン系システムで処理される場合もある。

(2) 発生源の監視

汚染状況の緊急時には、協力工場、事業所、交通管制部門（警察、etc.）に連絡し、要請（あるいは重大時には措置の命令）によって、ばい煙排出の減少に協力してもらう。監視は、主として大規模発生源である火力発電所や協力工場に設置された計測器により測定データをデジタルテレメータによりセンタ（親局）に収集し処理することにより行われるが、とくに、発生源における排出量の減少が規定通り行われたか否かの判定処理に重点がおかれる。

監視対象の汚染源物質としては、地域特有の汚染特性によって異なるが、一般には、SO₂、NO_x、HC などである。その他、燃料消費量が測定され、参考データとして提供されることもある。

演算処理内容としては、

- a 平常時との比較
- b 指令後の減少の割合
- c データロギング

などがある。

(3) 連絡、周知

連絡、周知の範囲としては、

- a 関係機関（地域内の役所、警察、交通管制センタ、工場、事業所等）への連絡、指令
- b 住民への周知をはかるための街頭への電光表示
- c 学校や公害パトロール・カーへの電話連絡

がある。とくに、aについては親局（センタ）の操作卓からオペレータによるスイッチ操作により子局ではランプ表示、ブザー鳴動がなされる。また、マイクによる一斉連絡（あるいはブロック別連絡）の行われることもある。

さらに、bについては、通常、センタの総合表示盤の表示内容（ランプ表示と計数値）と同一情報がそのまま伝送され、電光表示される。

3.2 大気汚染監視システムの実例

大気汚染監視システムの中核としてコンピュータが採用され始めてから約7～8年になるが、以下に当社

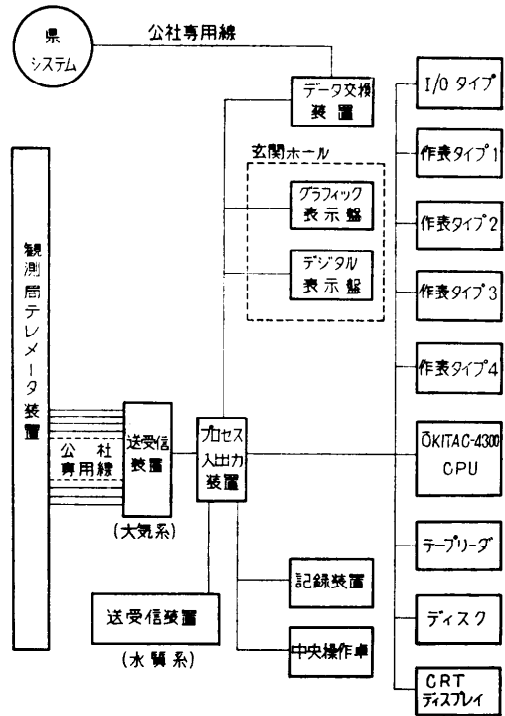


図-3 公害監視テレメータ・システムブロック図

がこれまで納入したシステムのうち、秋田市役所の例を紹介する。

(1) 親局（センタ）のハードウェア

図-3は秋田市公害監視システムの構成図である。図-3について説明すると、本システムでのプログラムは全て磁気ディスク装置に記憶されており、必要に応じて取り出される。また、収集された観測データは1年間本装置に記憶される。収集された観測データは、時報、日報、月報として作表タイプライタに出力され、表示盤、キャラクタディスプレイに表示される。キャラクタディスプレイには、濃度の頻度分布図等も表示する。（表示された結果をタイプライタにコピーをとることもできる。）県庁との間で観測データの交換が電電公社回線を介して200ビット/秒のフリーラン方式で行われる。またテレメータは有線デジタル方式で速度は200ビット/秒である。本システムの大きな特長は10分ごとにテレメータした観測データをアナログ記録し、監視員が直感的に現在の汚染状況を把握できるようにしてあることである。

(2) ソフトウェアについて

地域住民の人口増加、工場の新規設置、都市計画の拡張、変更はきわめて多いために、これに備えて公害

監視システムの中核的役割りを果す CPU のプログラムは、以下に示すように柔軟に設計されていることが要求される。

- a) 定数の再設定が容易に行えること。
- b) 処理内容の変更，測定項目の変更が容易に対処できること。
- c) データの欠測に対処できる手段のあること。
- d) 予測，解析，検索等の上位機能との結合が容易にできること。

本システムのソフトウェア構成は以下の通りである。

(イ) 管理プログラム

管理プログラムは、本システム全体を管理し、業務プログラムを円滑に動作させるように用意されたプログラムである。具体的には入出力装置(観測局を含む)を動作させたり、業務プログラムに計算機のサービスタイムを与えたり(業務プログラムを実際に動作させる)する。

(ロ) 業務プログラム

業務プログラムは「監視テレメータ・システム」の目的を実現するためのプログラムであり、目的に応じて作成されたいくつかの独立したプログラム群から構成されている。

(ハ) サービス・プログラム

サービス・プログラムは、監視プログラムに直接関係しないが、本システムを間接的に援助するプログラムである。

以上のように「公害監視システム」のプログラムは、管理プログラム下に、いくつかの業務目的別プログラムから構成されており、業務の目的に応じて独立してプログラムを作成できるので、プログラムの標準化および拡張性が一段と高まっている。

本システムの特長は以下の通りである。

(イ) 集中管理方式

OKITAC-4300 による集中管理方式であるため非常に効率が良くなっている。

(ロ) 中央監視局の停電対策

自動再スタート機構、および無停電源装置(3時間から8時間程度)を備えた時計回路を有しているのので、中央監視局の電源が異常もしくは停電を生じた場合でも、電源復旧時にはシステムが異常なく再スタートできるようになっている。

(ハ) システムの拡張性

ハードウェアはビルディング・ブロック方式を採用

しており、システムの拡張や機能変更が容易に行える。

(ニ) 同時並列動作

管理プログラムの下で、入出力装置は、同時並列動作が可能である。このため、システムは効率よく動作し、また複雑な機能も容易にプログラムが組める。

(ホ) 入出力装置の誤動作対策

入出力装置の誤動作に対しては、プログラムによって自動的に再試行するので、大切なデータは保障される。また各入出力動作に対しては、時間監視を行い、割込みの脱落等によるシステムの停止を防止している。

(ヘ) 異常処理の擁護

測定器の異常、観測局の停電、有線方式テレメータの場合の回線断、観測局のテレメータ装置のヒューズ断等が中央監視局で知ることができるように十分な考慮がなされている。

(ト) 他のシステムとのデータ交換機能

より拡大されたシステム構成を考慮する時に必要な他のシステムとのデータ交換が容易になされるよう考慮されている。

4. データ処理システムにおける今後の課題

大気汚染監視システムは、昭和 46 年の環境庁の設立とともにその導入が活発化しているが、監視の対象となる地域は地方行政権の範囲内であり、また、導入の主たる目的は、前章までで述べてきたように、汚染状態を測定し、被害を避ける点におかれていた。一方、最近、予測技術の研究が活発化しており、また、監視対象の増加、監視の広域化などの要求も生じている。今後のシステムは当然これらの点に立脚したものでなければならぬ。ここでは今後のシステムのあり方について考察しよう。

(1) 汚染の予測制御

現在の監視システムでは、データの測定・収集および高濃度の判定がその主要な役割であり、2章(3)項で触れたように、未然に防止する機能は、直接に機械には備わっていない。

地理的条件および気象条件等から判断して、悪条件が継続しそうであるか否かの判定および措置は、人間の手を介して行われているのが実情である。

汚染物質の発生から発生源への規制(要請、勧告)に至るまでの過程を要約してみると、図-4(次頁参照)の実線で示されるようにフィードバック制御系をなしている。

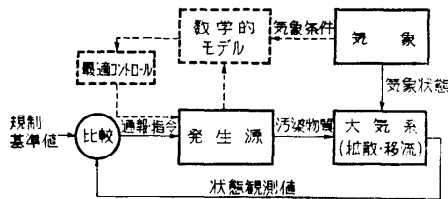


図-4 汚染の予測制御

ここで、汚染現象を事前に予知し、汚染の拡大、継続を未然に防止あるいは事前に予報することができるか否かに関する興味ある問題が提起される。すなわち、図-4の点線で示されているように汚染現象の数学的予測モデルをもし与えることができるならば、発生源における計測値および気温、風向、風速、気圧等の気象データを、直接このモデルに与えることにより、当該地域における大気系の汚染濃度を事前に予知し、発生源に対する適正な制御を行い、また予報することができよう。

大気汚染現象のモデルとしては、現在のところ以下のような3種のモデルについて研究がなされている。

(イ) 拡散モデル

排出源が、点源、線源、あるいは面源として一様に分布していると考え、汚染物質の拡散、伝播を示す拡散方程式を適用してこれを解くことにより、時間的、場所的に汚染濃度を推定しようとするものである。

拡散モデルとしては、いくつかのモデルが提案されている。例えば、Plume モデルでは、風向、風速の定常場について汚染質が移流、拡散する場合について扱うものである。また、Puff モデルでは、一歩進んで、時間的・空間的に風場が変動するとき、点源から排出される煙を一定の拡散条件のもとで拡散させる場合について取り扱っている。

汚染現象は、実際には地形の複雑さ、気温勾配などの要因に左右されることが多く、これらをも考慮するとモデルは非常に複雑となる欠点があるが、最近ではより現実に近いモデルの開発も試みられつつある。

(ロ) ポテンシャルモデル

排出源から排出された汚染物質が、風により水平方向、また対流により鉛直方向に運ばれるとき、大気によって汚染濃度が薄められるポテンシャルは、大気と混合稀釈される高さ(混合層高度)および水平方向に運搬する風速によって定まる、という原理に基づくものである。

気温は通常、高度が高くなるにつれて低くなるが、

この勾配が逆になる層(逆転層)があると、ここに上昇気流が滞留することになる。先に述べたドラノやヒューズ事件では、この逆転層が長時間滞留したためといわれている。

ポテンシャルモデルによる予測は、このように、気象状態に基づいて行うものであり、汚染物質がどれだけ薄められるかを予想することを原理としているが、一般には、マクロ的には可能であっても局地的な気象状態の常時測定は困難であること、気象予報の精度が十分でないこと、さらに、地形が複雑で天候の変化のはげしい我が国の特性から考えて、ポテンシャルモデルの適用には実用上いくつかの問題を残している。

また、このような予測技術の研究開発活動の別の意義として、手法の開発過程において、発生源となる工場、事業所の立地条件の設定や、都市計画、道路建設計画などに科学的根拠を与えるメリットも見逃すことはできないであろう。

(ハ) 統計モデル

観測された過去の多くのデータをベースとして、回帰分析、相関分析等により分析して予測式を作り、各地の初期濃度の気温差、気圧差など数十の予測要因を適用して、数時間ないし数十時間後の汚染濃度を求めようというものである。

十分精度の上からない難点はあるが、比較的簡単な手法であり、計算が容易である。

以上の3つのモデルには、それぞれ長短があり、適用には地域の特性(山間地域、高層ビルの多さ等)に依存する。今後、上記3種のアプローチの長所、短所を相い補ないあった新しいモデルの開発も進める必要があろう。

(2) 広域監視網

現在のシステムの監視範囲は各行政地域内に限られているため、その近隣の汚染状態を把握することができない。したがって、近隣から汚染物質が流れ込み、実際の被害の発生した後で地域住民に通報されるケースも多い。

近隣の市、県内各地における気象状態および汚染状況は、当該地域における予知にはきわめて有効であり未然に被害を防止することに役立つ。このため近隣センタを結ぶ公害監視ネットワークの充実が、今後の重要な課題となろう。

(3) 監視対象の増加

自動車排ガスの増加や光化学スモッグの被害の増加により NO_x 、 O_3 等、測定項目や観測点も年々増加の

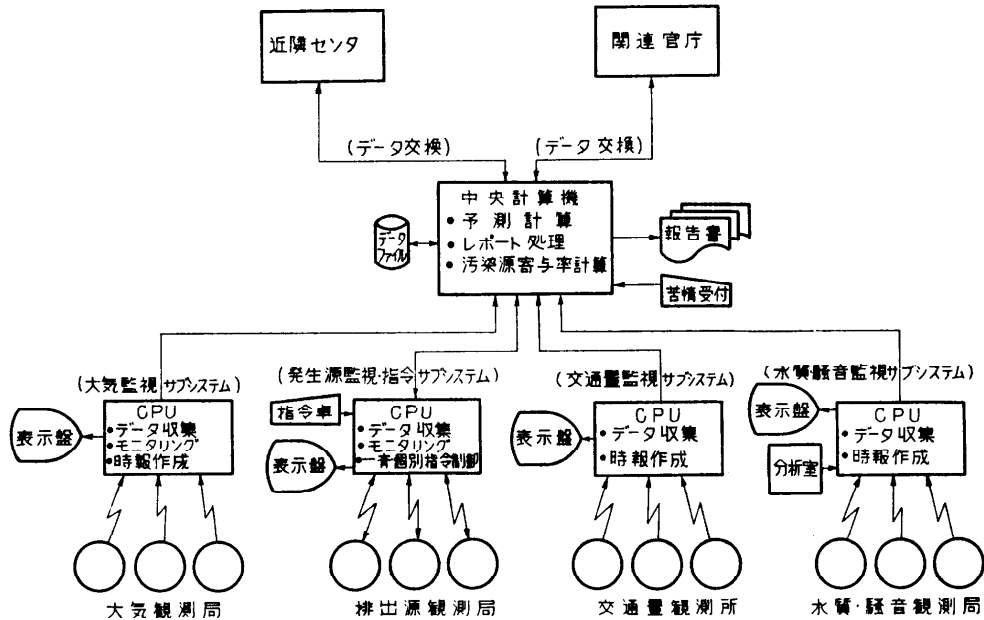


図-5 環境汚染総合管理システム

方向にある。

さらに、水質汚染、土壌汚染、騒音・振動など、他の公害要因の監視対策の強化も要求されつつある。地域開発や都市計画も、これら各種公害要因を総合的に把握かつ分析した上で行うことが要求されている。

以上の諸点から明らかなように、今後のシステムは、自治体単位で持たれていた個々の監視系がそれぞれサブシステムとして、上位コンピュータにより統合される公害総合管理システムと発展していくことが予想される。そこでは、図-5に示されるように、近隣センタ間とのデータ交換機能と、予測計算および予測結果にもとづいた排出源の事前規制、さらに、各種開発計画の基盤ともなる関連官庁への資料・報告書の作成が行われるものでなければならない。

5. あとがき

以上述べてきたように、現在のシステムは、単に環境状態の監視のみならず、公害防止行政の方向をも左

右する貴重な科学的資料を提供している意味においてきわめて重要な任務を果たしている。そこではミニコンピュータが最大限に利用され大いに活躍していることは喜ばしい限りである。

4章で触れたように、今後の方向として、総合化、広域化の方向に進んでいくことは必然の傾向であろうが、この場合、新規技術開発上の問題のみならず、とくに広域化にともなって、地方行政部門間のインターフェイスの調整など、政治的に解決していかなければならない問題も多いように見受けられる。よりよい環境保全システムを実現していくために、これからは、行政担当者と情報処理技術者が一体となり、より一層深い相互理解と密接な協力のもとに開発を進めていく必要があろう。

終りに、本稿を草するにあたり多大の御指導をいただいたソフトウェア事業部・高橋部長に感謝の意を表します。

(昭和50年9月2日受付)