

# 常時監視局の適正配置の考え方と実態

片谷 教孝

The Concept of Optimum Allocation of Monitoring Sites and the Present Status in Japan

Noritaka Katatani

J.F.Oberlin University

3758, Tokiwa-cho, Machida 194-0294, Japan

The air monitoring network is very important and useful to keep air quality. In this paper, the importance of optimum allocation of atmospheric monitoring sites was discussed. Some examples of the optimization activities were briefly introduced, and the basic concepts on the optimization were explained.

**Key words :** Monitoring site, Optimum allocation, Present status, Japan.

## 1. はじめに

日本の大気汚染問題は、極めて小規模なものを含めれば、人類が居住して火を使用するようになった時点から始まったと考えられる。産業活動に起因する大気汚染問題は、明治時代になって西洋近代文明が移入されたことに端を発したといえることができ、特に当時は工場が都市の内部に立地することが通常であったことから、近隣への影響は既にかかなりのレベルにあったと推定される。その後、大正から昭和初期にかけての重工業の発展によって大気汚染公害も激化したが、第二次世界大戦の敗戦によって工業が壊滅的な打撃を受けたため、いったん大気汚染公害も沈静化した。大気汚染公害が再び激化したのは、戦後の復興期から高度成長期にかけての急速な工業化の進展によるもので、当時は経済発展が環境保全よりも重要視された時代であったことから、なかなか歯止めがかからない状況となり、四日市ぜんそくなどに代表されるような激甚な公害問題が発生した。

日本の大気汚染常時監視体制は、このような時代背景の中で、大気汚染公害対策の重要性がようやく認識されるようになったことにより、ようやくスタートを切ることとなった。住民の健康被害を防ぐためには、大気汚染物質濃度をあるレベル以下に保つことが必要であることが明らかになったことから、大気中の汚染物質の濃度変化を常に把握し、健康影響を及ぼすレベルとなっていないかどうかを常にチェックするという意味で、常時監視システムと呼ばれるようになった。

図1は、日本の大気汚染常時監視測定局数の変遷を示したものである。ここに示されるように、数の上では世界でも有数の設備を有しており、単位面積あたりや単位人口あたりの

測定局数としては世界で最も高いレベルにある。

しかし、測定局から有効なデータが得られるためには、測定局数が多いということにはならない。一般には限られた数の測定局しか設置できないのが当然であることから、それらが必要な位置に設置されているかどうか重要な問題となってくる。この問題は、従来から測定局適正配置問題として、検討がなされてきた歴史がある。ただし現状が十分かといえ、必ずしもそうとはいえない。それは適正配置の検討が十分に行われていない場合があるという理由だけではなく、大気汚染状況が年々変化していく中で、常に見直しを迫られる性質を持っているという理由も大きい。

本稿では、まず測定局配置の制約条件を概観し、次いで適正配置の基本的な考え方を説明する。さらに、近年行われた適正配置検討の実例を紹介して、今後さらに適正配置の検討が進められるための一助としたい。

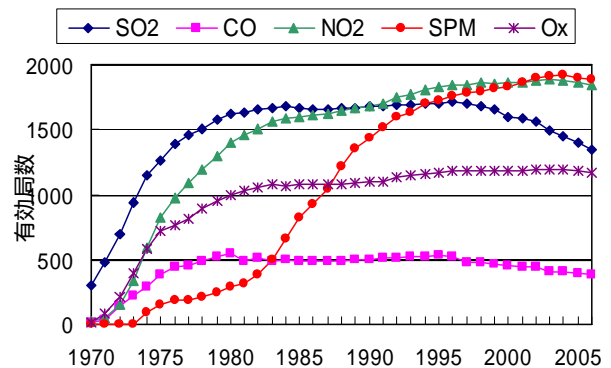


図1 測定項目別有効測定局数の推移

## 2. 測定局配置の一般的な考え方

よく知られているように、日本では大気汚染常時監視測定局をその監視対象によって以下の2種類に分類している。

(1) 一般環境測定局： 特定の発生源の影響を強く受けることなく、周辺地域の環境の平均的な状況を把握するために設置される測定局

(2) 自動車排ガス測定局： 交通量の多い道路の沿道に設置され、主として自動車交通に起因する大気汚染状況を監視するために設置される測定局

一方、大気汚染常時監視とはやや異なるが、全国規模で定期的に行われている大気分野の測定として、有害大気モニタリングがある。これはいわゆる有害化学物質として、大気汚染防止法に定められた優先取組物質を対象としており、全国で200から300地点(物質により異なる)で測定が行われているものである。この有害大気モニタリングでは、測定地点を以下の3種に分類している。

(1) 一般環境： 上記の一般環境測定局と同様

(2) 沿道： 上記の自動車排ガス測定局と同様

(3) 発生源周辺： 大規模な固定発生源(工場・事業所)に近接した地域の状況を把握するために設置される測定局

いずれの場合にも、特定の発生源の影響を強く受ける地点とそうでない地点という区分が基本である。有害大気モニタリングの場合には、その発生源を移動発生源(自動車)と固定発生源に区分していることになる。大気汚染常時監視の場合に固定発生源周辺を意味する区分が存在しない理由は、特定発生源周辺の影響監視は事業所側の責務と考えられていることや、立ち入り検査によって発生源自体が監視されていることなどが挙げられる。

これらの発生源との位置関係による位置選定のほか、以下のような点が一般に考慮される。

### 1) 人口の分布

大気汚染常時監視は住民の健康影響の防止が目的であることから、人口の多い地域が主たる対象となることは当然のことといえる。ただし例外として、人口の希薄な遠隔地域に設置して、人為的な発生源の影響をほとんど受けない測定値を得ることを目的としている場合(バックグラウンド測定局)がある。

### 2) 地形

大気汚染物質濃度は、気象条件の影響を強く受ける。そのため、気象条件に影響を及ぼす地形に対する配慮が必要となる。起伏の大きな地点や、海岸線沿いなどは、避けて設置されることが一般的である。

## 3. 測定局配置の制約条件

前項の条件を満たすように測定局を設置しようとしても、それだけですぐに地点が決まるわけではない。そこには以下のような強い制約条件がかかってくる。

### 1) 設置予算

大気汚染常時監視測定局に設置される測定機器は、一般的な購入価格だけで1台数百万円するものが数台必要である。これに通信等の付帯設備や建物設備が加わり、さらに維持管理費用が発生するため、予算確保上の制約を強く受けることは避けたい。一般に人口の多い大都市圏ほど測定局密度が高くなっているが、これは大気汚染物質濃度が平均的に高いことや人口が多いことだけではなく、予算面の枠が大きいことも関わっている。逆に人口密度がそれほど高くない地方都市圏においては、そこそこに人口規模があるにもかかわらず測定局が設置されていない地域がある場合も少なくない。

### 2) 設置場所

大気汚染常時監視測定局は、自動車に機器を積載した移動測定局を除けば固定の設備であり、建物スペースを必要とする。そのため、民有地に設置することは種々の点で困難であり、公共施設の一角が利用される場合が多い。これは土地や建物だけの問題ではなく、管理上の問題もかかっている。この制約があるため、特に一般環境測定局の場合には、市町村役場およびその支所、小中学校、公民館のように、地方公共団体が管理する施設に併設されている測定局が圧倒的に多くなっている。

これらの公共施設は、多くの場合は当該行政区分の中心部や人口集中地域に立地していることから、測定局の位置選定としても比較的好適といえる。しかし周囲の発生源との位置関係や、より高層の建造物との隣接関係など、細かくみると問題点を含んでいる場合も多い。

## 4. 測定局適正配置の考え方

### 4.1 最適化問題と測定局適正配置

測定局の適正配置とは、簡単に表現すれば、予算や場所の制約条件の中で、いかに有効なデータが得られる地点を選ぶかという計画問題である。この種の最適化問題を扱う分野は、オペレーションズリサーチ(OR)と呼ばれる。ORの用語では目的関数とよばれる関数を想定し、それが最適(最大または最小)となるような条件を見つけ出そうというのが、この種の計画問題の目的である。その際、制約条件がなければ目的関数は無限に大きく(または小さく)なり得るが、現実の世界では必ず何らかの制約条件があるので、その制約条件をすべて満足するという条件のもとでの最適解を求めることになる。その種の計画問題のうち、目的関数や制約条件がいずれも一次式で表現されている場合を線型計画法とよび、最もポピュラーな最適化問題として知られている。

測定局適正配置問題の場合、目的関数は測定データから得られる情報の量と有効性の最大化ということになる。制約条件は、前述のように、予算、設置可能な場所が主なものである。ただし、これらの関数は線型であることはまず考えられず、かなり複雑な関数である。たとえば測定対象とする物質や気象項目は、すべての測定局で同一ということはほとんどなく、目的や必要性に応じて選択される。また配置に重要な

影響を与える大気汚染物質の濃度分布にしても、線型の分布ということはある得ない。したがって、線型計画法のような比較的単純な計画問題として解くというわけにはいかない。言い換えれば、ORのような数理科学的な手法で一意に最適解が求まるような計画問題ではないということである。

では実際にはどうすればよいのか。それは試行錯誤的なアプローチにならざるを得ない。ただし試行錯誤といっても、何のポリシーもなくあらゆる可能性をすべて試みるのでは、いつまでたっても最適解を得ることは不可能である。ORの世界でも、総当たり法とよばれる完全に試行錯誤的なアプローチがとられる場合があるが、それは例外で、通常は何らかの推論や仮定に基づいて条件の絞り込みを行い、最適解を与える可能性がほとんどない条件を試行錯誤の対象から除く方法がとられる。

#### 4.2 測定局適正配置における最適化の手順

実際に適正配置を検討する場合の手順は、前提条件によってかなり異なる。全く白紙の状況から配置を考えるのであれば、既設の測定局の存在が制約条件にならないが、多くの場合は既設の測定局があって、その存廃や移設も含めた検討が必要となることから、ケースバイケースの対応が避けられない。そのためここでは、ごく一般的な手順を示す。

##### 1) 既設の測定局の評価

適正配置を考えるにあたり、まず必要なことは、既設の測定局から得られるデータが地域の大気環境の把握にどれだけ有効に機能しているかという視点で、測定局の評価をすることである。この段階での評価は、前年度までの測定データの集計値や統計分析結果が重要な指標となるが、定性的、経験的に行われることも多い。たとえば環境基準をはるかに下回る測定値がずっと続いているような場合は、監視の重要性が低下してきていることを意味する。また場合によっては、後述するシミュレーション計算の結果を参考とすることもあり得る。

##### 2) 前提条件と目標の整理

前述のように、測定局を設置するためには予算が必要であり、これは最も重要な制約条件となる。そのため一般には、適正配置検討の最初の段階において、全部で何局を設置することが可能であるか、あるいは測定項目数をどれだけ増減する必要があるかというような検討を行い、それを前提に以後の検討を行う場合が多い。その一方で、測定局数や測定項目数は、本来は大気環境監視の観点からの必要性によって定まるものであるため、予算的な制約条件とのバランスを考慮することも必要であるが、通常は予算的な制約が優先される例が大半とみられる。

この予算面の制約のほか、測定局の配置を見直す際の前提条件となり得る重要な点は、発生源の状況の変化である。新たな大規模事業所や工業団地等の立地や、交通量の多い道路建設等があれば、大気環境に大きな変化が生じることは容易

に予測できる。そのような場合には、測定局の新設や移設を検討することになる。逆に、大規模事業所の移転や高規格道路の新規開通による交通量の大幅減少などがあれば、測定局の廃止という選択肢も生じうる。

##### 3) 地域代表性の検討

大気汚染物質の濃度は、空間的に大きく変動している。それを限られた地点数の測定局のデータで把握しようとするため、測定局の設置位置はその周辺地域の代表的な状況下にある必要がある。そこで、測定局の地点決定に先立ち、地域の中での大気汚染物質の分布状況を把握した上で、代表性のある地点を選定する作業を行うことが望ましい。分布状況を把握する手段としては、多数の地点で実測を行う方法もあり得るが、時間やコストの面で現実的とはいえない場合が多い。それに代わる方法として、数理モデルを用いた予測計算が行われる。この場合の数理モデルは、当然ながら空間分解能が重要となるので、メッシュ分割型(オイラー型)のモデルが主に用いられる。解像度(メッシュ間隔)としては、1km程度、あるいはそれ以下が望ましい。

大気汚染物質濃度分布によって地域代表性を判定する上では、難しい問題がもう1つある。それは物質によって濃度分布が異なることである。常時監視測定局を設置するのに、物質によって異なる地点に設置するのは、いろいろな面で非効率である。とはいえ、ある物質について地域代表性があっても、他の物質については代表性がない場合もあり、ケースバイケースで判断せざるを得ない。

##### 4) 適正測定局数の決定

設置する測定局の数が、前述のように予算等の制約によって制限されることはやむを得ないが、それでも適切な測定データを得るために最小限必要な測定局の数は、確保されなければならない。既設の測定局の評価結果と、地域代表性の検討結果に基づいて、行政区分全体の地域に何局の測定局を設置する必要があるかを慎重に検討することが必要である。

##### 5) 測定局位置の決定

地域代表性の観点から選定された候補地点の中から、測定局設置に必要な公共施設等の用地を利用できる地点を抽出する。その際、周囲の建造物や道路等の状況を十分に勘案し、特定の発生源の影響を受けないことや、特異的な気象条件下におかれていないことなどに留意する必要がある。

##### 6) 測定項目の決定

測定項目は測定局の位置決定よりも先に、測定局設置の目的に沿って検討される必要があるが、位置が決まった段階で再度検討を行い、どの測定項目を対象とするかを十分に検討する。この検討の時点で、測定局位置を修正する必要が生じる場合もあり、このあたりは試行錯誤的なアプローチも必要となってくる。

#### 5. 日本国内における常時監視測定局配置の実態

日本には前述のように約2000局の大気常時監視測定局が

設置されている。それらの大半は地方公共団体（都道府県・政令市）によって設置されており、したがって測定局の配置も地方公共団体の判断によっている場合がほとんどである。

各地方公共団体においては、当然ながら大気環境保全を目的として測定局を設置していることから、その配置も大気環境保全という行政上の目標を達成するのに必要なデータが得られるように、種々の配慮・検討を経て決定されている。しかし、十分に適正といえる配置になっているかという点、種々の制約により、必ずしもそうはいえない状況にあると筆者はみている。制約条件には不可避のものもあることから、一方的に地方公共団体の姿勢を批判することは適切でないが、問題点があることは否定できない。特に、長年にわたって固定的な測定局配置のまま監視測定を続けていることは、データの継続性の点では意味があるが、発生源の状況や周辺環境の変化によって、現在は適切さを欠く配置となってしまうケースも少なくない。特に、SO<sub>2</sub>やCOが大気汚染物質の主役であった時代に設置された測定局の中には、現在はその必要性を失いかけていているところもある。

このような問題に対しては、機器のリプレースのようなタイミングを利用して、測定局の配置を見直す作業が必要といえる。そういう適正配置の検討にも予算が必要であるため、なかなか取り組みが進まないケースも多いようであるが、必ずしも多額の委託調査費を投入しなくても検討は十分に可能であることから、多くの地方公共団体が積極的に取り組むことが大気環境行政の効果的な推進の観点からも求められているといえる。

## 6. 適正配置検討の実例と環境省の対応状況

### 6.1 静岡市(2007)

静岡市では2007年2月に環境審議会に適正配置の諮問を行い、同年6月に答申を得た。

検討にあたっては、既設局のデータの相関分析と汚染物質濃度シミュレーションを行い、それらに基づいて地域代表性および必要測定局数の検討を行った。その作業フローを示したものが図2である。

検討の結果、既設の16局のうち5局を廃止し、2局を新設するという結論が得られた。全体としての延べ測定項目数は減少しているが、よりの確に大気汚染状況を把握できるような測定局配置が得られたと結論づけられている。

### 6.2 船橋市(2006)

船橋市では、環境省のガイドラインに沿って2006年に適正配置の検討を行った。具体的な手法としては、人口分布、既設局の測定値の分布、既存の濃度シミュレーション結果の再検討などをベースとして検討を行った。その結果、既設の13局のうち2局を廃止、3局で測定項目を削除(SO<sub>2</sub>)、1局で測定項目を追加(NMHC、THC)することで、よりの確に大気汚染状況を把握できるという結論が得られた。

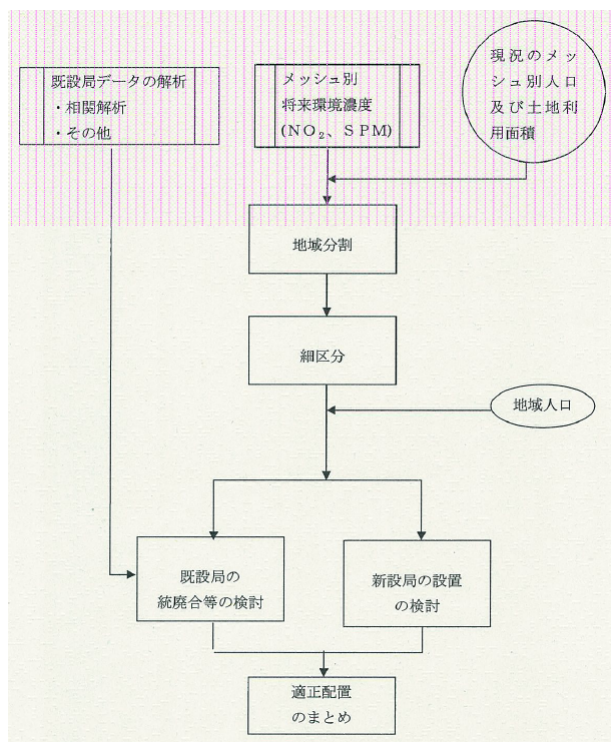


図2 静岡市の適正配置検討の作業フロー（静岡市、2007）

### 6.3 環境省通知(2005)

環境省では2005年6月に「大気環境モニタリングの在り方」を通知として発出して、常時監視測定局の適正配置の検討の指針を示した。この内容については、別の講演で述べられるので、ここでは省略する。

### 6.4 長野県(2001)

長野県では2001年度に独自の検討会を設置して、適正配置の検討を行った。既設局データの統計分析、県独自（衛生公害研究所が実施）の大気汚染物質濃度シミュレーションなどの結果に基づいた検討の結果、既設20局のうち1局を廃止、1局を移設、延べ6項目の測定項目を削除(SO<sub>2</sub>)、延べ4項目を追加(SPM)して、より効率的な汚染状況の把握が可能となるように改善が図られた。

## 7. 海外における配置状況と適正配置の検討例

### 7.1 海外の常時監視体制の概要

冒頭に述べたように、日本の大気汚染常時監視網は世界に冠たるレベルにある。主要先進国の常時監視状況は、日本より面積が広大で人口も多い米国でも測定局数は日本より少ない千数百局というレベルであり、他の先進国では多いところでも数百局である。日本では、全国の測定局のデータが1時間値でリアルタイムに見られるシステム（そらまめくん）が稼動しているが、このレベルの情報提供システムは他国には見られないものであり、日本の先進性を示している。

## 7.2 海外における適正配置検討事例

海外でも適正配置が検討された事例はかなりある。測定局の密度が低いほど、適正配置検討の必要性が高まるという関連性があり、いかに少ない測定局で必要な情報を得るかという観点で検討が行われているものと推定される。その手法は多くの場合、基本的にはORの手法を応用したもので、本稿に述べたものと大差はない。ここでは具体的な事例の紹介は省略するが、国が違って、大気環境保全という目的が共通である以上は、測定局の配置の最適解がそれほど変わることはないことは、ご理解いただけるであろう。

## 8. おわりに

本稿では、日本における大気常時監視測定局の配置について、現状と適正化の考え方の概要を述べた。日本の大気汚染

常時監視は世界的にみて非常に高いレベルにあるが、適正配置については必ずしも十分とは言えない面がある。常時監視測定網がさらに有効に機能するためには、適正配置は非常に重要なポイントとなる事項といえる。今後も各地方公共団体の手によって適正配置の検討が随時行われ、常に有効なデータが得られる体制が保たれることを期待したい。

## 参考文献

静岡市環境審議会、大気汚染常時監視測定局の適正配置について(答申)(2007)

船橋市、大気汚染常時監視測定局適正配置調査報告書(2006)

環境省、大気環境モニタリングの在り方(通知)(2005)

長野県、大気汚染常時監視測定局適正配置調査報告書(2001)

# 常時監視局の適正配置の考え方と実態

片谷 教孝

桜美林大学リベラルアーツ学群

〒194-0294 東京都町田市常盤町 3758

大気環境保全のために重要な役割を果たしている大気汚染常時監視測定網について、測定局の配置の観点から議論を行い、問題点を指摘するとともに、適正配置に関する基本的な考え方を解説した。またいくつかの適正配置検討事例を紹介し、それらの検討の重要性について述べた。