

報告 (Note)

大気常時監視測定局の配置に関する検討

池貝隆宏, 堀田健治, 佐藤篤子, 三浦聡子, 鈴木理沙子
(環境情報部)

An examination about the optimum relocation of atmospheric monitoring stations

Takahiro IKEGAI, Kenji HOTTA, Atsuko SATO, Satoko MIURA and Risako SUZUKI
(Environmental Information Division)

キーワード：大気常時監視測定局, 削減, クラスタ分析

1 はじめに

神奈川県の大気汚染常時監視測定網は, 1970年代に整備が始まった。大気常時監視測定局(以下, 測定局)配置の基盤は当時の汚染状況をもとに設定したものが基本となり, 環境省の事務処理基準¹⁾に基づく配置の考え方を踏まえ, その後何回かの見直しを経て移設や新設が行われ, 現在に引き継がれている。一方, 近年の大気保全施策の効果により, SO₂, NO₂, SPM等の汚染状況は大幅に改善され²⁾, その状況は整備を始めた当初と比較して大きく変化している。こうした状況の中, 多くの自治体において測定局の維持管理の効率化が求められており, 測定局の配置の見直し³⁾が急務となっている。

そこで, 今後の測定体制の適正化の基礎資料とするため, 現況の大気環境把握の状況を損なうことなく削減することが可能な自動濃度測定機を選定することを目的に, 測定局の適正配置について検討を行った。また, 大気汚染の発生と持続に大きな影響を及ぼす気象因子として, 風向及び風速についても併せて検討した。

2 方法

2.1 解析の考え方

本検討では, 測定局設置者の判断のみで見直しが可能な範囲で測定局の配置に係る解析を行うため, 神奈川県設置局のみを検討対象とした。

解析は, まず, 測定局相互の関係を調べるため, 実測値を用いて測定局間の濃度変動の類似性に着目した検討を行った。解析に使用したデータには, 汚染気塊の短期的な動きを反映さ

せるために1時間値を使用した。さらに, 類似性の高い測定局のグループの中から削減候補となる測定局を選定し, その測定局の削減前と削減後でグループ内の1時間値の統計値がどう変化するかを調べ, 削減の影響を考察した。

2.2 測定局間の類似性の解析

測定局相互の類似性は, 測定局を変数, 各測定項目の1時間値をサンプルとして整理し, 対象期間中の1時間値から算出した相関係数を距離の指標とした変数のクラスタ分析により解析した。対象とした測定局の属性は, 一般環境大気測定局(以下, 一般局), 自動車排出ガス測定局(以下, 自排局), 移動測定局(山北町のみ)の3種類あるが, 局相互の濃度変動の類似性はクラスタ分析により明らかになることから, 三者を区分せずに相関係数を算出した。

相関係数のうち, 風向と風速は風向風速ベクトルとして一元的に扱い, (1)式により局間のベクトル相関係数 γ^4)を算出した。なお, 風向が「CALM(静穏)」である場合の風速を「0」に置き換えた。他の測定項目については測定項目ごとに通常の相関係数を算出した。

クラスタ分析で使用する非類似度は, (2)式に示すユークリッド距離 d とした。クラスタリングは, 分類感度が高く最も明確なクラスタを作るとされるWard法を使用した。なお, クラスタ数は, 一律に樹状図の距離で区切らず, 樹状図の形状及び測定局の位置関係を総合的に勘案して決めた。

$$\text{ベクトル相関係数 } \gamma = \frac{\sum (Va \cdot Vb \cdot \cos \theta)}{\sum (Va \cdot Vb)} \quad (1)$$

Va : a局の風速

Vb : b局の風速

θ : Va と Vb の風向のなす角

$$\text{ユークリッド距離 } d = \sqrt{2 \cdot (1 - \gamma)} \quad (2)$$

γ : 相関係数又はベクトル相関係数

2.3 局数削減の選定と影響の解析

測定局数の削減は、汚染気塊の短期的な動きに着目した地域の濃度推移が削減後も変わらずに把握できることを条件として削減候補を選定した。削減候補の優先順位は、濃度推移の類似性の高さで判別できる。すなわち、クラスター分析により区分されたグループ内の濃度推移の類似性が高い測定局から順に削減候補を選定していけばよいことになる。このグループ内の濃度推移は、地理的な特殊性等により構成局数もともと少ない場合を除き、4局程度の濃度推移を総合して考えることとし、グループの構成局数が5以上あるものについて削減候補を選定した。

あるグループから1局を削減する場合、削減候補局は局間の距離が最短、すなわち局間相関が最大の組み合わせとなる2局のいずれかとなるが、原則として削減によって生ずる地理的な空白域がより小さくなるように選定した。2局以上の削減候補を選定する場合にも、この考え方を順次当てはめた。以上のように、本稿では削減候補の選定は局間相関と地理的な位置関係のみで判定を行い、環境省の事務処理基準及び過去の環境基準達成状況は考慮していない。

測定局の削減の影響は、グループ内の濃度の代表値の推移が削減の前後でどう変化するかを調べることにより判定した。濃度の代表値は基本的に構成局の一時間値のグループ内平均値とし、その推移を季節変動について月別変化、日変動を時刻別変化で把握した。日変動をもたらす要因は排出源の活動量変化と気象の日変化であり、季節変動の要因と区別することができるため、両者の相互関係は特に考慮しなかった。なお、 Ox の月別の濃度推移は、後述するように昼間の日最高一時間値のグループ内平均値を代表値とした。削減の前後でこれらの指標の濃度推移に有意差があるかどうかを時刻別平均濃度

について24ケース、月別平均濃度について12ケース、計36ケースについて平均値の差の検定(有意水準0.05)を行い、有意差の有無から削減を行ってもグループ内の濃度の推移が従前どおり把握できると判定された局を削減可能と判断した。なお、データの分散が2倍以上違う場合にはWelch検定を行い、それ以外の場合には等分散を仮定したt検定を行った。

2.4 使用した常時監視データ

解析対象の測定局は、神奈川県が設置する測定局24局(一般局15局、自排局8局、移動局1局)とし、2010年4月1日1:00から2012年3月31日24:00までの1時間値を使用した。

横浜地方気象台の気温、風速、日照時間及び降水量について解析対象の2年度分のデータを2000~2009年度までの10年間を対象に分散分析による不良標本のF分布棄却検定⁴⁾により異常年検定したところ、棄却すべきデータはなかったことから、解析対象期間は平年に比べて特異な年ではなく、平均的な局間相関の解析を行う上で問題はないと考えられた。

本稿では、解析を行った項目のうち、風向・換算風速、 Ox 、NMHC、 NOx 及びSPMの5項目の結果を報告する。

3 結果及び考察

3.1 風向風速ベクトル

まず、大気汚染物質の移流、拡散を支配する風向及び風速の検討を行った。

風向風速計を設置している一般局14局及び移動局1局の15局について、風向と換算風速から算出した風向風速ベクトル相関係数をもとにクラスター分析を行った結果の樹状図を図1に示した。図1において距離(Height)は、距離の二

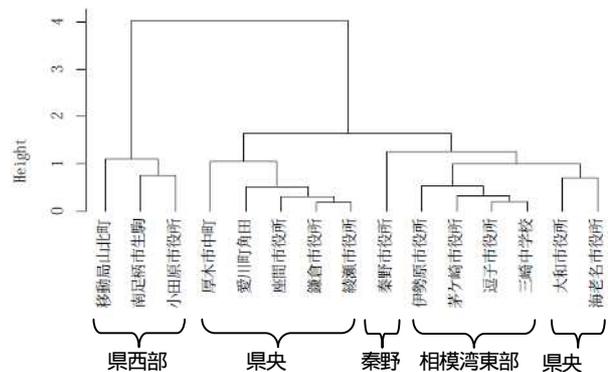


図1 風向風速ベクトルのクラスター樹状図



図2 神奈川県内の風系配置

乗で表示している（以下、表示する樹状図について同じ）。図1の風系グループを地図化したものが図2である。

図1を見ると、県内の気象場は小田原・南足柄・山北の「県西部」と「県西部以外」に大きく2分され、それぞれの地域内では風向風速の相関は比較的良かった。「県西部以外」の地域は、さらに三崎・逗子・茅ヶ崎を中心とする「相模湾東部」、「秦野」、座間・厚木等を中心とする「県中央」、大和及び海老名で構成する「県中央」の4グループに分割された。「秦野」は設置場所が秦野盆地内にあり、地理的な特殊性があるため、1局で1グループを構成していた。図2のとおり「県中央」と「県中央」は、地理的には接しているが、局間相関上はかなり離れており、別のグループを構成すると見るのが適当と考えられた。

「県中央」には地理的に遠隔地にある鎌倉市役所局が含まれており、局間相関と地理的な位置関係との不一致が発生していた。風向風速の測定値を検討した結果、この不一致の原因は風向風速計の設置環境に起因する測定値の偏りによるものと考えられた。当測定局は南北に伸びる丘陵帯の東側に隣接しており、その地形的影響でこの地域の正しい風系を捕らえられていない可能性が高いと考えられた。風向風速計の場合は、このような局間相関と地理的な関係の不整合が説明可能な局を削減候補とすべきと考えられた。

3.2 オキシダント(Ox)

Ox計を設置している一般局15局及び移動局1局の16局について、1時間値から算出した相関係数をもとにクラスター分析を行った結果の樹

状図を図3に示した。

図3から、Oxの局間相関に基づく地域区分は、「三浦半島西岸」、「湘南東部～県中央東部」、「県中央西部～県西部」に大きく三分割された。さらに、「湘南東部～県中央東部」は、茅ヶ崎、寒川で構成される「湘南東部」と相模川左岸を中心とする「県中央東部」、「県中央西部～県西部」は、秦野を含む「県中央西部」と「県西部」に細分された。「三浦半島西岸」と「湘南東部」は、図2の気象場の区分では「相模湾東部」に属するが、Oxの局間相関上はかなり離れており、別のグループを構成すると見るのが適当である。同様に「県中央東部」と「県中央西部」もOxの局間相関上は別グループに区分された。県中央エリアの地域区分については「秦野」が愛川、伊勢原と同一グループを形成するなど、気象場の地域区分と比べて若干様相が異なっていた。こうした差異には、発生源の分布が影響しているものと考えられた。

図3において「県中央東部」を構成する海老名市役所局、厚木市中町局、綾瀬市役所局及び座間市役所局の4局は、クラスター間の距離が極めて近接しており、地理的にも近接していることから、2.3に基づき海老名市役所局を削減した場合の影響を検討した。

海老名市役所局の削減前(5局)と削減後(4局)について、日間の1時間値のグループ内平均値の時刻毎の推移を比較したものを図4に示した。年間の月別平均濃度については、Oxは日最高濃度が重要な指標であることから、日平均値に替えて昼間(5:00～20:00)の日最高1時間値を対象に影響を検討することとし、そのグループ内平均値の月毎の推移を比較したものを図5に示した。

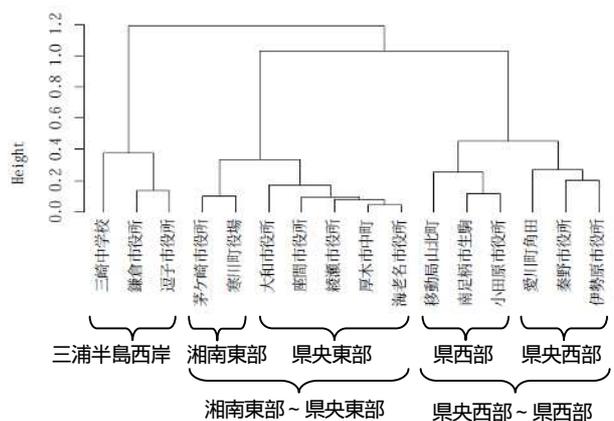


図3 Oxのクラスター樹状図

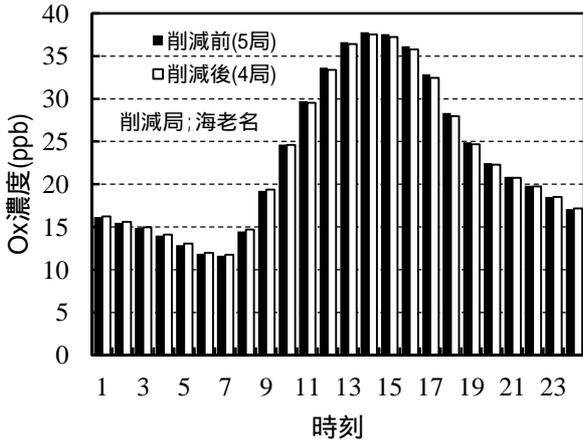


図4 Oxの局削減前後のグループ内平均値の時刻別推移

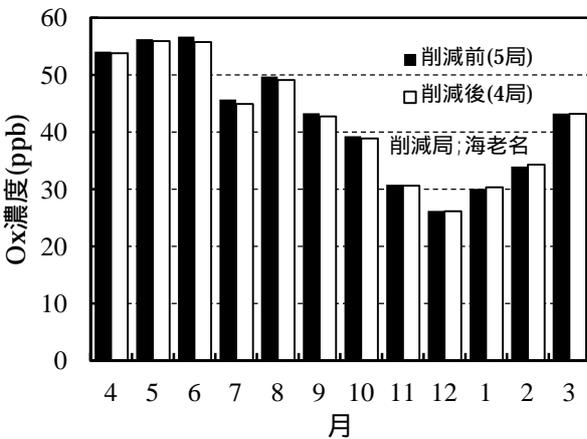


図5 Oxの局削減前後の昼間最高値に係グループ内平均値の月別推移

まず、図4のデータについて検定を行ったところ、どの時刻についても削減前後でグループ内の平均濃度に統計的な有意差は見られなかった。同様に、図5のデータについても各月の平均濃度に有意差はなかった。すなわち、「県央東部」から海老名市役所局を削減しても同グループ内のOxの推移は削減前と同様に把握することが可能であり、同局を廃止することが可能と考えられた。

このように、2.3の解析法を用いて合理的に削減可能測定機を選定できると考えられる。

なお、Oxはシミュレーションにより前駆物質のNOx及びNMHCに対する応答の地域性の検討を加えれば、さらに詳細な適正配置の検討を行うことが可能であるが、本稿では単独の濃度推移に着目した解析を行った。こうした複合的な要因の解析については今後の課題としたい。

3.3 非メタン炭化水素 (NMHC)

NMHC計を設置している一般局14局及び移動

局1局の15局について、クラスター分析を行った結果を図6に示した。

図6から、NMHCの局間相関に基づく地域区分は、「三浦半島西岸」、「湘南東部～県央東部」、「県央西部～県西部」及び「秦野」に4分割された。NMHCはOxの原因物質のひとつであり、その挙動がOxと密接に関連しているため、「秦野」が独立した地域区分を構成していることを除けば、Oxに類似していた。

「湘南東部～県央東部」を構成する厚木市中町局、綾瀬市役所局、茅ヶ崎市役所局、大和市役所局及び海老名市役所局の5局は、他のグループに比べてクラスター間の距離が極めて近接しており、地理的にも近接していることから、削減候補局として茅ヶ崎市役所局を選定し、その影響を検討した。

茅ヶ崎市役所局の削減前(5局)と削減後(4局)について、時刻毎の1時間値のグループ内平均値の推移を比較したものを図7、日平均のグループ内平均値の月別推移を図8に示した。これらのデータについて検定を行った結果、月別推移については有意差が見られなかったが、時刻別推移については2:00～5:00の時間帯に削

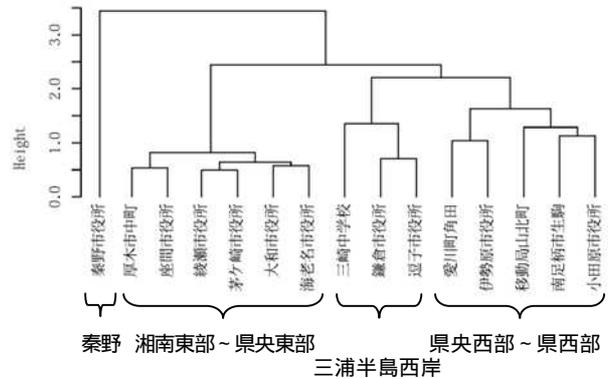


図6 NMHCのクラスター樹状図

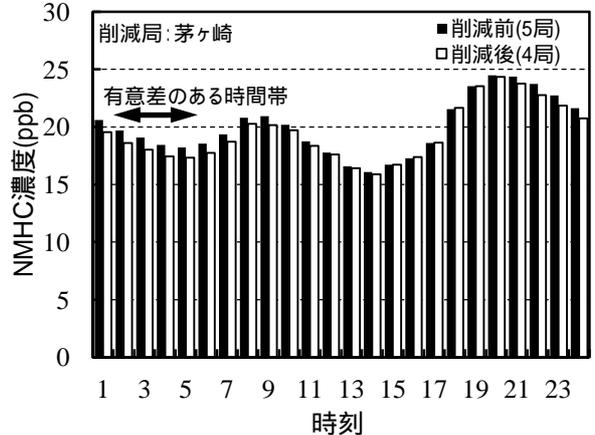


図7 NMHCの局削減前後のグループ内平均値の時刻別推移

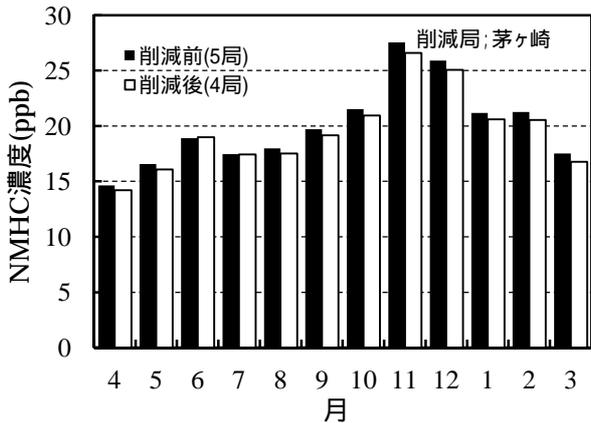


図8 NMHCの局削減前後の日平均に係るグループ内平均値の月別推移

減の前後で有意差が見られた。これは、同グループの領域内の深夜から早朝にかけての濃度推移が削減前とは異なった状態で把握されることになる。ただし、NMHCは光化学オキシダントの前駆物質として日中の濃度の監視が重要となる項目であり、指針値も6:00~9:00の一時間値について設定されており、この時間帯以降の測定値には有意差は認められなかったことから、濃度推移の把握に支障はないと考えられた。

以上のことから、「湘南東部~県央東部」の構成グループから茅ヶ崎市役所局を削減することは可能と考えられた。

3.4 窒素酸化物 (NOx)

NOx計を設置している一般局15局、自排局8局、移動局1局の24局について、クラスター分析を行った結果を図9に示した。

図9から、NOxの局間相関に基づく地域区分は、「伊勢原」、「湘南東部~県央東部」、「三浦半島西岸」及び「その他」に四分割された。さらに、「湘南東部~県央東部」は、茅ヶ

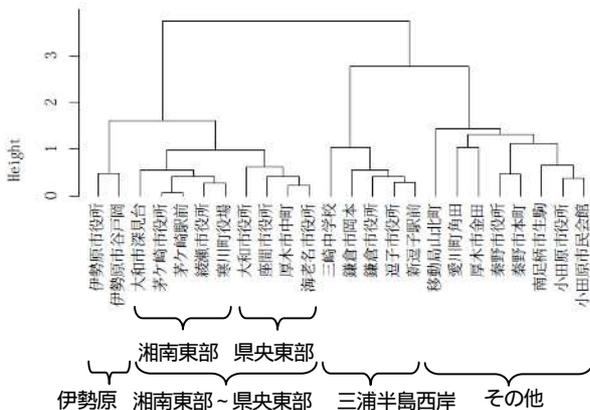


図9 NOxのクラスター樹状図

表1 NOx削減候補の検討結果

グループ	削減候補	有意差の認められた領域
湘南東部	T (1局)	-
三浦半島西岸	Z (1局)	(時) 6~7時, 10~17時
その他	O (1局)	(時) 1~6時, 23~24時
	O+H (2局)	(時) 全時間帯 (月) 2~8, 10~11月
	O+H+M (3局)	(時) 全時間帯 (月) 全期間
	O+H+M+A (4局)	(時) 1~15時, 21~24時 (月) 全期間

T;茅ヶ崎市役所局, Z;逗子市役所局, O;小田原市民会館局, H;秦野市役所局, M;南足柄市生駒局, A;厚木市金田局

(時)は「時刻別推移」,(月)は「月別推移」を示す。

崎,寒川を中心とする「湘南東部」と相模川左岸を中心とする「県央東部」に細分された。Oxの場合と異なり、図2に示した気象場の地域区分とはかなり様相が異なっているが、これはNOxの濃度推移が気象的な要因、すなわち遠隔地の発生源に起因する汚染気塊の移流、拡散より、近傍の発生源の影響を強く受けているためと考えられた。「その他」は気象場の区分の「県西部」、「秦野」及び「県央」を含むが、明確なクラスターを形成しておらず、細分化できなかった。

24局のうち自排局は前述のとおり8局ある(図9において表示。図10において同じ。)が、このうち5局は同一市内の一般局との局間相関が大きく、濃度の挙動の類似度が高かった。特に、茅ヶ崎市役所局(一般局)は、設置地点が茅ヶ崎駅前交差点局(自排局)と極めて近接しており、差異がほとんど認められないことから、自動車排ガスの影響を強く受けており、純粋な一般局とは言い難い状況になっていた。こうした状況は、伊勢原市役所局、逗子市役所局、小田原市役所局にも発生していた。

2.3の考え方によれば、「湘南東部」から1局(茅ヶ崎市役所局)、「三浦半島西岸」から1局(逗子市役所局)、「その他」から4局(小田原市民会館局、秦野市役所局、南足柄市生駒局、厚木市金田局)の削減の可能性がある。そこで、これら6局を削減候補とし、NMHCと同じ指標についてその削減の影響を調べたところ、表1に示したとおり、削減可能と判定されたもの、すなわち削減しても濃度推移に有意差がないものは「湘南東部」グループの茅ヶ崎市役所局のみであった。

3.5 SPM (浮遊粒子状物質)

SPM計を設置している一般局15局、自排局8局、移動局1局の24局について、クラスター分析を行った結果を図10に示した。

図10から、SPMの局間相関に基づく地域区分は、「湘南東部～県央東部」、「県央中部～秦野」、「県西部」及び「三浦半島西岸」に四分割された。さらに、「県央中部～秦野」は「県央中部～県央西部」と「伊勢原・秦野」に細分された。SPMの場合も地域区分は気象場の区分とはかなり異なっており、NOxの場合と同様に近傍の発生源の影響を強く受けているものと考えられた。また、自排局8局のうち3局(茅ヶ崎駅前局、秦野市本町局、小田原市民会館局)はNOxと同様に同一市内の一般局との局間相関が大きく、濃度の挙動の類似度が高くなっており、3局の一般局(茅ヶ崎市役所局、秦野市役所局、小田原市役所局)が自動車排ガスの影響を受けている状況が見られた。

2.3の考え方によれば、削減候補は「湘南東部～県央東部」から2局(茅ヶ崎市役所局、寒川町役場局)、「県央中西部」から3局(厚木市金田局、大和市役所局、海老名市役所局)

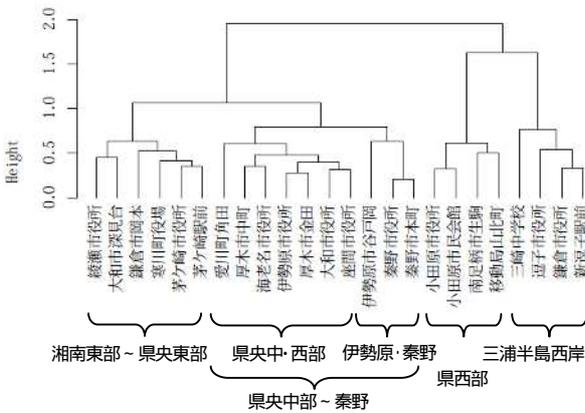


図10 SPMのクラスター樹状図

表2 SPM削減候補の検討結果

グループ	削減候補	有意差の認められた領域
湘南東部	T (1局)	(時) 1～15時, 22時, 24時
	T+S (2局)	(時) 全時間帯
県央中・西部	A (1局)	-
	A+Y (2局)	-
	A+Y+E (3局)	-

T;茅ヶ崎市役所局, S;寒川町役場局, A;厚木市金田局, Y;大和市役所局, E;海老名市役所局
(時)は「時刻別推移」を示す。

が選定可能である。これら5局を削減候補とし、NMHC, NOxと同じ指標についてその削減の影響を調べた。削減可能と判定されたものは、表2に示したとおり「県央中・西部」グループの厚木市金田局、大和市役所局及び海老名市役所局の3局であった。

SPMの場合は、3.4で示したNOxとは異なり、同一グループから複数局の削減が可能と判定された。こうした削減可能局の判定はクラスター分析結果だけでは判断が難しく、削減前後の濃度推移の差を細かく調べないと明らかにすることはできないと考えられた。

4 まとめ

大気汚染常時監視測定網の維持管理を効率化するため、削減可能な自動測定機の選定を目的として大気常時監視測定局の配置について検討したところ、次の結論を得た。

- 1) 1時間値から算出した相関係数を距離の指標としたクラスター分析で測定局をグループ化し、グループ内の日間及び年間の濃度推移に係る削減前後の有意差の有無から、合理的に削減可能局の選定が可能であることを確認した。
- 2) NOx及びSPMは、局間相関の状況からOxに比べて気象的な要因より近傍の発生源の影響をより強く受けていることが示唆された。
- 3) 茅ヶ崎市役所局等一部の一般局は、自動車排ガスの影響を強く受け、純粋な一般局とは言い難い状況になっていることがわかった。
- 4) 自動濃度測定機は、Ox 1局, NMHC 1局, NOx 1局, SPM 3局が削減可能であった。

参考文献

- 1) 環境省：大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準(2001)
- 2) 神奈川県：かながわ環境白書平成24年版, 20-21(2013)
- 3) 岡崎淳：大気環境常時監視測定局の再配置に係る検討, 平成20年度千葉県環境研究センター年報, 207-212(2009)
- 4) 公害研究対策センター：窒素酸化物総量規制マニュアル, 184-185(2000)