

浮遊粒子状物質等の測定地点間の比較に関する 統計解析

三 好 康 彦 鎌 滝 裕 輝 秋 山 薫 吉 岡 秀 俊

要 旨

都内12地点(日比谷、新宿、江東、大田、世田谷、板橋、荒川、江戸川、立川、東京タワー(1,2,3)、小河内、小笠原)で14カ所のサンプリングを行った昭和55年度から平成7年度までの分析結果(TSP:全粒子状物質、カドミウム、クロム、亜鉛、鉛、ニッケル、マンガン、鉄、Bap(ベンゾ(a)ピレン))を統計処理して、濃度パターンについて4つのグルーピングを行った結果、次の特徴を得た。

(1) 大田がすべての項目について最も濃度の高い測定地点(グループI)であり、小河内と小笠原が最も濃度の低い測定地点(グループIV)であった。これらの中で比較的濃度の高い(グループII)測定地点は江戸川や江東などの東部地域であり、比較的濃度の低い(グループIII)測定地点は世田谷や立川の西部地域であった。都内の中心地域となる新宿、日比谷及び東京タワー(1,2,3)では金属等の種類によってグループIIまたはグループIIIに分類された。

(2) 経年変化では1992年あたりから、いずれも濃度変動は小さくなっている。

(3) 小河内と小笠原はいずれの場合も濃度変化がほとんどない。

(4) 東京タワーの高度別Bap濃度は、高度が高くなるほど低くなる。

キーワード: TSP、重金属、Bap、統計処理

Comparative Statistical Analysis of Suspended Particle Matters in Different Sampling Points

Yasuhiko Miyoshi, Kaoru Akiyama, Hidetoshi Yoshioka and Hiroki Kamataki

Summary

Concentration levels of suspended particle matters including TSP (total suspended particle), Cadmium, Chromium, Zinc, Lead, Nickel, Manganese, Iron and Bap (benzo(a) piren) have been measured at 14 points in 12 places (Hibiya, Shinjyuku, Koutou, Ota, Setagaya, Itabashi, Arakawa, Edogawa, Tatikawa, Tokyo-tower (1,2,3), Ogouti and Ogasawara) in Tokyo from 1980 to 1995.

From the statistical analysis concentration levels could be divided into 4 groups. The results are as follows:

(1) Ota has the highest level (group I) and Ogouti and Ogasawara the lowest level (group IV) for all measurement substances. The eastern area such as Edogawa and Koutou has relatively high concentrations (group II), and the western area such as Setagaya and Tatikawa has relatively low concentrations (group III). The central area such as Shinjyuku, Hibiya and Tokyo-tower (1,2,3) belongs to group II or group III depending on the kind of heavy metals.

(2) The yearly average concentration levels at all the measurement points for all substances decreased

from around 1992.

(3) The changes in concentration levels was negligible for all substances in both Ogouti and Ogasawara.

(4) The concentration levels of Bap at Tokyo - tower measurement points decreased with increasing altitude.

Keywords : TSP, heavy metal, Bap, statistical analysis

1 はじめに

当研究所では1969年から定期的に大気中の粒子状物質を採取し、それらに含まれる金属成分および多環芳香属炭化水素について分析を行い、大気汚染の状況を把握してきた。これまでの測定結果からみると、大気汚染対策の効果が明確に現れ、1979年までSPM、カドミウム(Cd)、鉛(Pb)、鉄(Fe)、マンガン(Mn)など年によって増減に大きな変動率が見られるが、全体として急激に減少した。それ以後は年度によって変化のあるものの減少率は低下し変動率も小さくなっている。

ここでは、1980年から1995年までの測定結果¹⁾を使用して、各測定地点間の濃度を比較して特徴を検討した。

ここで使用した統計手法は2平均値の相等性検定(両側検定)、主成分分析(主成分得点法)およびクラスター分析(ただし、1991年からのデータによる解析)で

ある。これらの結果を踏まえ、地域性も考慮して濃度分布のグルーピングを行ったので報告する。

2 浮遊粒子状物質等測定概要

(1) 測定地点

測定地点は都内12地点14測定点で図1に示した。

(2) 測定装置

ハイボリュー ウムサンプラー(粒径カットなし)

(3) 測定頻度

月1回(原則として中旬の16日~17日)

(4) 採取時間

原則として午前10時から翌朝10時まで連続24時間(但し、小河内、小笠原は72時間)

(5) 調査項目

粒子状物質重量濃度(SPM)、重金属類(カドミ

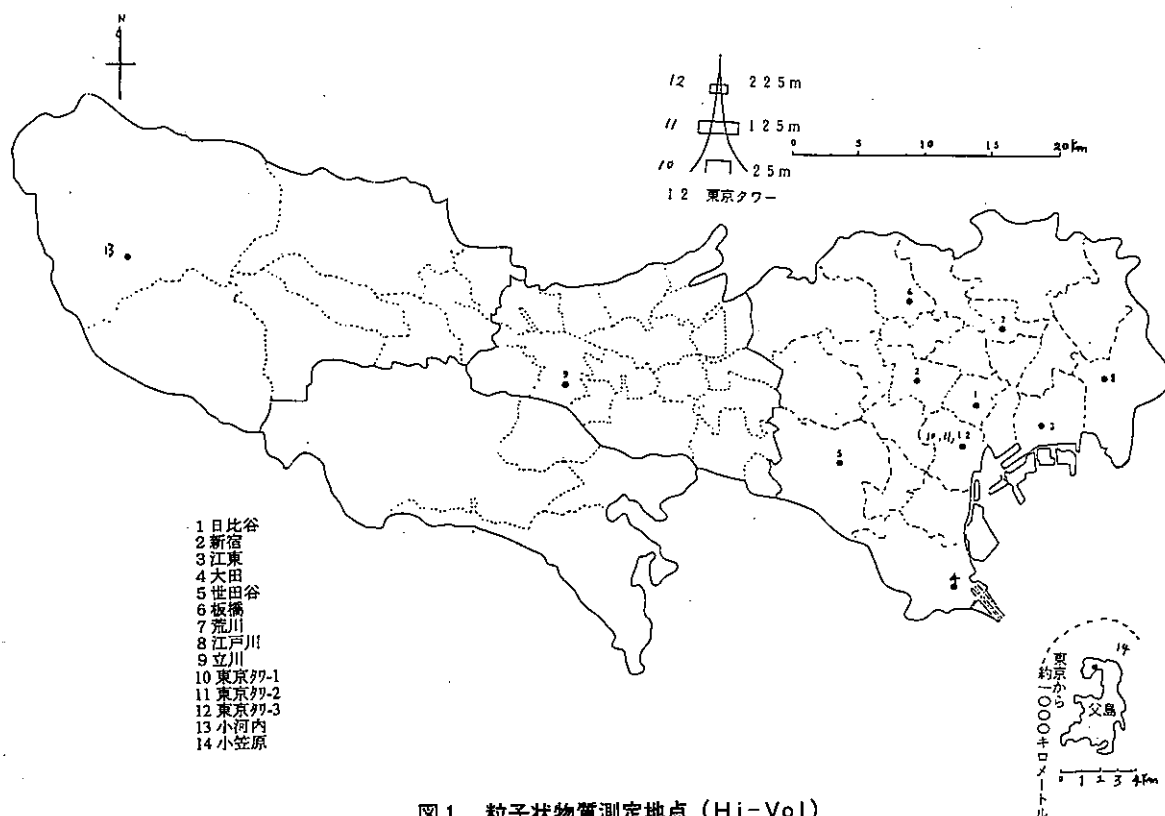


図1 粒子状物質測定地点 (Hi-Vol)

ウム (Cd)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、ニッケル (Ni)、鉛 (Pb)、亜鉛 (Zn)、ベンゾ(a)ピレン (Bap)

なお、分析方法等については当研究所発行の浮遊粒子状物質等測定データ集を参考されたい。

3 結果及び考察

(1) 重金属類等濃度の特徴

ア TSP

1980年から1995年までの年平均値を図2に示した。この経年変化を示した図から次のことが指摘できる。

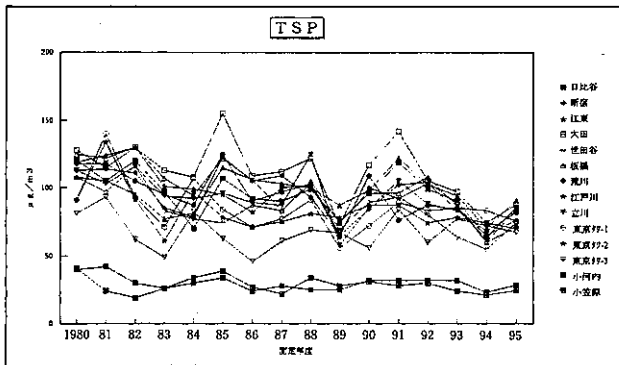


図2

①1992年あたりから濃度変化の幅が比較的小さくなり、1994、1995年ではさらに縮小していること。

②大田は上下変化が激しいが、1991年まで最も濃度が高いこと。

③小河内と小笠原が他の測定地点に比べてTSP濃度が一段と低く安定していること。

表1に各測定項目について全地点平均値 (μ_0) と各測定地点の平均値 (μ) について差があるかどうか、両側検定を行った結果を示した。江東、大田、板橋が $\geq 1.96\sigma$ であり、東京タワー(3)、小河内及び小笠原が $\leq -1.96\sigma$ で、その他は信頼区間95%内となった。

図3には主成分分析の中で主成分得点を示した。これは各主成分についてその重心からの距離を表し、この得点が大きいほど全体の重心点から離れていることを意味する。小河内と小笠原は重心より左下に大きく離れ、また大田は最も右端となっている。さらに東京タワー(3)が最も上部にある。

表1 平均値の差の両側検定

×: $\mu - \mu_0 \geq 1.96\sigma$, ○: $-1.96\sigma < \mu - \mu_0 < 1.96\sigma$, △: $\mu - \mu_0 \leq -1.96\sigma$
 †印の付いているものは、近傍のもの
 μ : 一つの測定地点におけるある重金属の平均濃度
 μ_0 : 全測定地点におけるその重金属の平均濃度

	TSP	Cd	Cr	Zn	Pb	Ni	Mn	Fe	BAP
日比谷	○	○	○	○	○	○	×	○	○
新宿	○	○	○	○	○	○	○	○	○
江東	×†	○	○	○	○	○	×	○	○
大田	×	×	×†	×	×	×	×	×	×
世田谷	○	○	○	○	○	○	○	○	○
板橋	×	○	○	○	○	○	○	○	×
荒川	○	○	○	×	○	○	○	○	×
江戸川	○	×	○	×	×	○	○	○	×
立川	○	○	○	△	○	○	△†	○	×†
東京タワー-1	○	○	○	○	○	○	○	○	△†
東京タワー-2	○	○	○	○	○	○	○	○	△
東京タワー-3	△	△	○	○	○	○	○	○	△
小河内	△	△	△	△	△	△	△	△	△
小笠原	△	△	△	△	△	△	△	△	△

図4にはTSP、各重金属類及びBapの濃度の値が近いものを集めて、幾つかに分類するクラスター分析の結果を示した。4つのグループに分けると、小河内・小笠原、世田谷、荒川・東京タワー(1,2,3)、新宿・板橋・江戸川・日比谷・江東・立川・大田となった。

以上の結果から、最も濃度の高い大田は単独であるが一つのグループIとした。次に全体の平均濃度より比較的高い日比谷、江東、板橋、荒川および江戸川をグループIIとした。全体の平均値前後にある新宿、世田谷、立川および東京タワー(1,2,3)をグループIIIとし、小河内と小笠原はグループIVとした。これらを図5に示した。

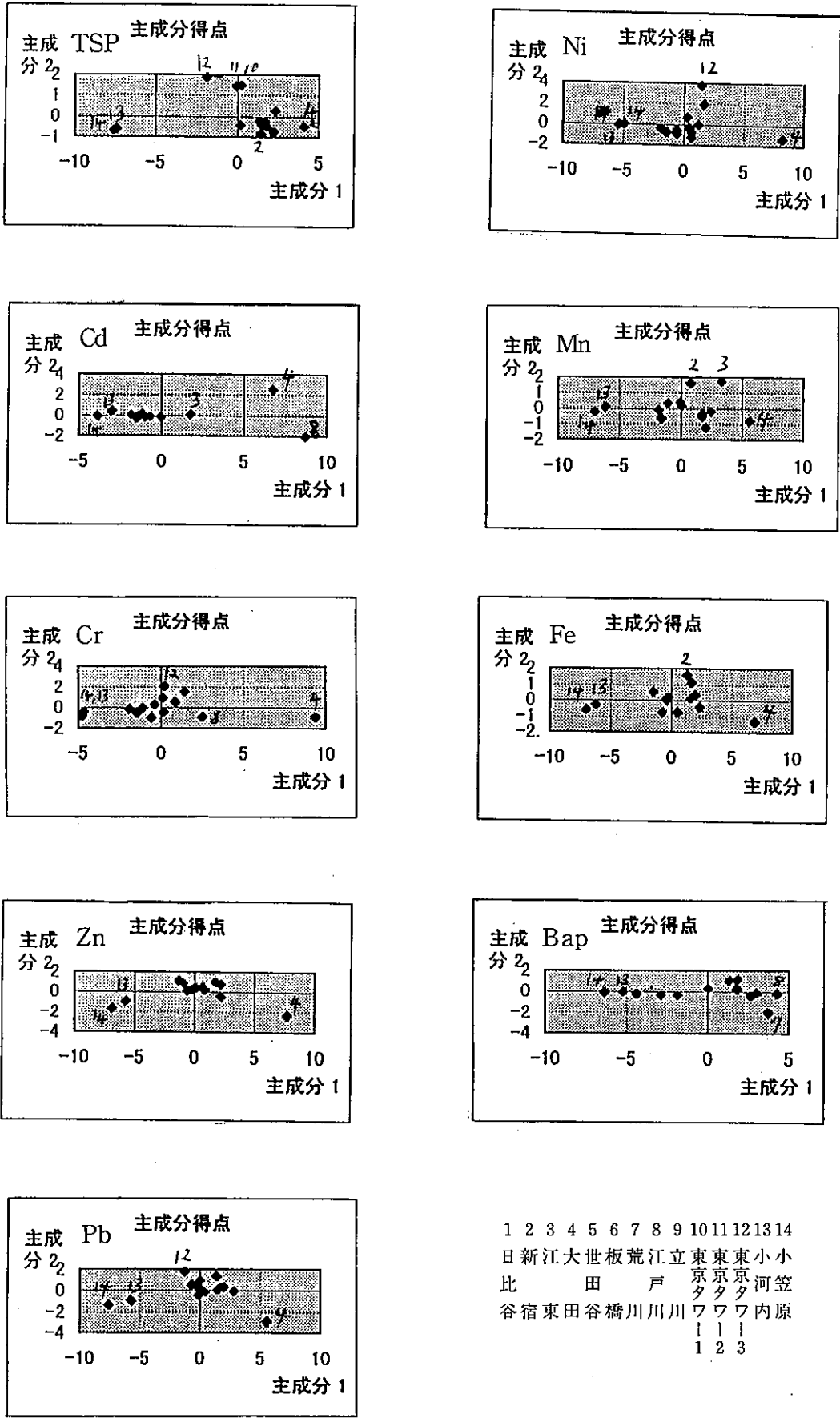
イ Cd

Cdの経年変化では、大田と江戸川がいずれも濃度が高く、変動が大きい。しかし、1991年以降は次第に濃度とその変動は小さくなっている。

表1でみると大田と江戸川が $\geq 1.96\sigma$ であり、小河内及び小笠原が $\leq -1.96\sigma$ で、その他は信頼区間95%内となっている。

主成分得点でみると、主成分1の横軸で最も右側にあるのが江戸川で、次が大田、江東となっている。また主成分1の横軸で最も左側は小笠原で次が小河内となっている。

クラスター分析では、大田、江戸川、江東がそれぞれ



- | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 日 | 新 | 江 | 大 | 世 | 板 | 荒 | 江 | 立 | 東 | 東 | 東 | 小 | 小 |
| 比 | | | 田 | | | 戸 | 京 | 京 | 京 | 京 | 河 | 笠 | |
| 谷 | 宿 | 東 | 田 | 谷 | 橋 | 川 | 川 | ワ | ワ | ワ | 内 | 原 | |
| | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | | | |

図3 主成分分析における主成分得点

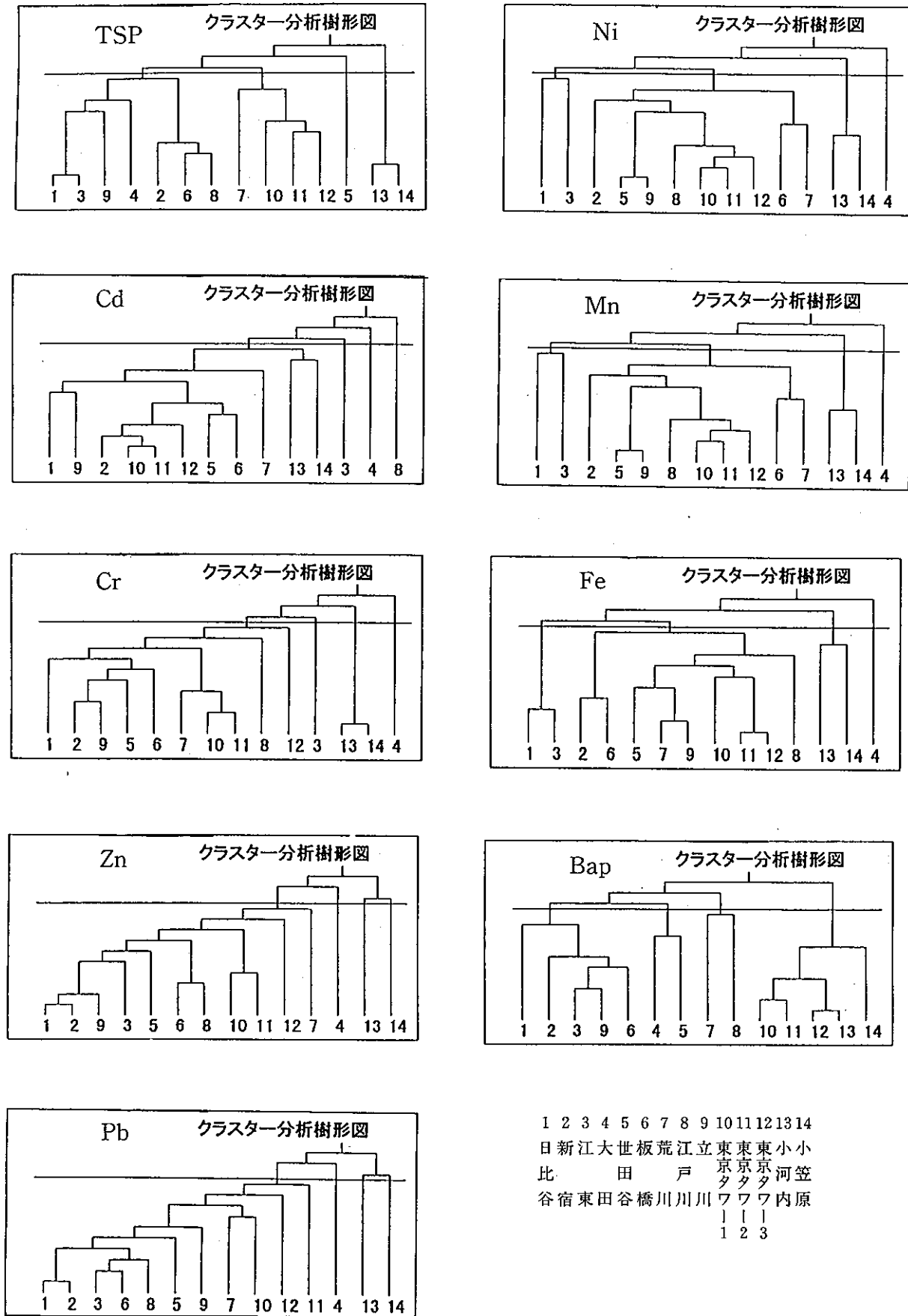


図4 クラスタ分析結果

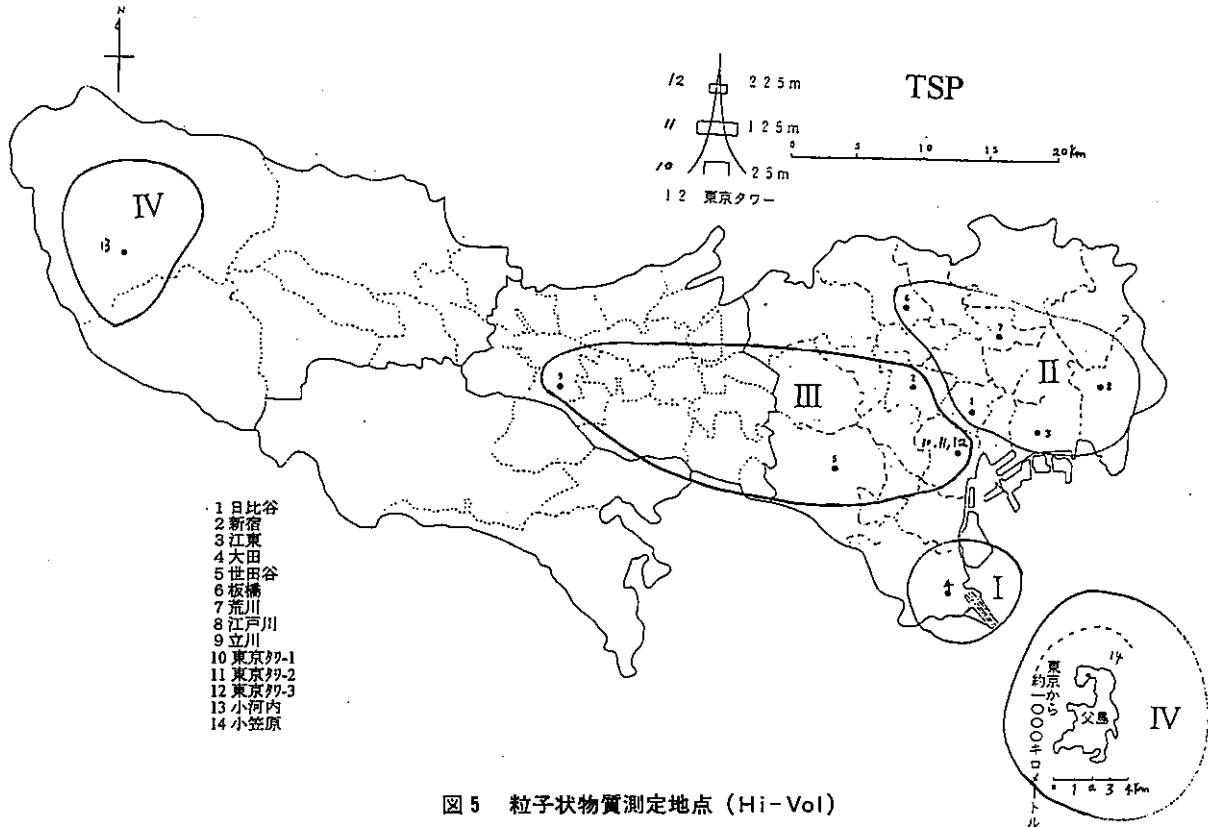


図5 粒子状物質測定地点 (Hi-Vol)

独立のグループとなって、その他は一つのグループとなっている。

以上の結果から、大田・江戸川をグループIとし、比較的濃度の高い日比谷・江東・板橋・荒川をグループIIとし、比較的濃度の低い新宿・世田谷・立川・東京タワー(1,2,3)をグループIIIとした。最も濃度の低い小河内・小笠原はグループIVとした。

ウ Cr

経年変化では大田が濃度が高くまた変動が大きい。しかし、1993年あたりから濃度が下がり安定している。

表1では大田が $\geq 1.96\sigma$ であり、小河内及び小笠原が $\leq -1.96\sigma$ で、その他は信頼区間95%内となっている。

主成分得点では、主成分1の値が最も大きいのは大田で、次が江戸川となっている。また最も小さいのは一番左端の小河内・小笠原となっている。

クラスター分析では、大田、小河内・小笠原、江東、その他のグループとなっている。

以上の結果から、大田をグループIとし、平均濃度よりも高い江東、荒川及び江戸川をグループIIとし、平均値前後の日比谷・新宿・世田谷・板橋・立川・東京タワー(1,2,3)をグループIIIとした。最も濃度の低い小河

内・小笠原はグループIVとした。

エ Zn

経年変化では、1993年までは濃度が高く変化の大きい大田、濃度が低く安定している小河内・小笠原、その他の3グループに分けられる。表1では大田・荒川・江戸川が $\geq 1.96\sigma$ であり、小河内及び小笠原が $\leq -1.96\sigma$ で、その他は信頼区間95%内となっている。

主成分得点では、主成分1の値が最も大きいのは大田で、また最も小さいのは小河内・小笠原となっている。

クラスター分析では、大田、小河内、小笠原、その他となっている。

以上の結果から大田をグループIとし、平均濃度よりかなり高い板橋・荒川・江戸川をグループIIとし、平均濃度前後の日比谷・新宿・江東・世田谷・立川・東京タワー(1,2,3)をグループIIIとした。最も濃度の低い小河内・小笠原はグループIVとした。

オ Pb

経年変化では、大田が高く変動も著しいが、1993年からは他の測定点と同様なレベルに低下したことが、小河内が小笠原より明確に高くなっていることが特徴である。

表1 では、大田・江戸川が $\geq 1.96\sigma$ であり、小河内及び小笠原が $\leq -1.96\sigma$ で、その他は信頼区間95%内となっている。

主成分得点では、主成分1の値が最も大きいのは大田となっており次が江戸川で、最も小さいのは小笠原で次は小河内となっている。

クラスター分析では、大田、小笠原、小河内、その他となっている。

以上の結果から大田と江戸川をグループIとし、比較的平均濃度の高い江東・板橋・荒川・立川をグループIIとし、平均値前後の日比谷・新宿・世田谷・東京タワー(1,2,3)をグループIIIとした。最も濃度の低い小河内・小笠原はグループIVとした。

カ Ni

経年変化では大田が平均的に高く、1992年には東京タワー(3)が異常値とも考えられるように最高濃度を示しているのが特徴である。さらに1993年はほとんどの測定点で高い濃度を示しているのが特徴である。

表1では、大田が $\geq 1.96\sigma$ であり、小河内及び小笠原が $\leq -1.96\sigma$ で、その他は信頼区間95%内となっている。

主成分得点では、主成分1の値が最も大きいのは大田で最も小さいのは小河内及び小笠原となっている。また主成分2では、東京タワー(3)が最も大きく、次いで東京タワー(2)となっている。クラスター分析では、大田、小河内・小笠原、日比谷・江東およびその他となっている。

以上の結果から、大田をグループI、日比谷・江東・荒川・江戸川・東京タワー(1,2,3)をグループII、新宿・世田谷・板橋・立川をグループIIIとし、小河内・小笠原をグループIVとした。

キ Mn

経年変化では大田が最も高く、続いて江東が高くなっている。表1では日比谷、江東、大田が $\geq 1.96\sigma$ 、小河内及び小笠原は $\leq -1.96\sigma$ であるが、立川が -1.96σ の近傍となっている。

主成分得点では、主成分1の値が最も大きいのは大田で最も小さいグループは小河内、小笠原となっている。主成分2において値が最も大きいのは江東で、次いで新宿となり、最も小さいものは板橋となっている。

クラスター分析では、江東、小河内・小笠原、日比谷・江東、その他のグループに分かれている。

以上の結果から、大田をグループI、日比谷・新宿・江東・板橋・荒川・江戸川をグループII、世田谷・立川・東京タワー(1,2,3)をグループIIIとし、小河内・小笠原をグループIVとした。

ク Fe

経年変化では大田が際立って高いが、1992年以後その濃度は大幅に減少しているのが特徴である。表1でも大田が $\geq 1.96\sigma$ となっており、小河内及び小笠原は $\leq -1.96\sigma$ となっている。

主成分得点では、主成分1の値が最も大きいのは大田で、最も小さいグループは小河内・小笠原である。主成分2でみると最も大きい値は新宿で、次いで板橋となっている。クラスター分析では、大田、小河内・小笠原、日比谷・新宿、その他となっている。

以上の結果から、Mnと同様に大田をグループI、日比谷・新宿・江東・板橋・荒川・江戸川をグループII、世田谷・立川・東京タワー(1,2,3)をグループIIIとし、小河内・小笠原をグループIVとした。

ケ Bap

経年変化では、年度ごとの濃度変動の大きいことが特徴である。しかし、小河内と小笠原では濃度変動はほとんど見られない。また、東京タワーでは測定点が高くなるにしたがい濃度低下が明確にみられる。

表1から大田、板橋、荒川、江戸川が $\geq 1.96\sigma$ で、立川はその近傍となっている。また小河内、小笠原、東京タワー(1,2) $\leq -1.96\sigma$ であり、さらに東京タワー(3)はその近傍となっている。主成分得点でみると、主成分1では江戸川が最も大きい値を示し、次が荒川となっている。また最も小さい順では小笠原、小河内、東京タワー(3)、東京タワー(2)、東京タワー(1)となっている。主成分2では、荒川が最も小さい値を示している。

クラスター分析では、日比谷・新宿・江東・立川・板橋、大田・世田谷、荒川・江戸川、その他となっている。

以上の結果から、大田、板橋、荒川、江戸川をグループI、日比谷・新宿・江東・立川をグループII、東京タワー(1,2,3)をグループIIIとし、小河内・小笠原をグループIVとした。

(2) 濃度分布の特徴

TSP、各重金属及びBap濃度を図示した図5の濃度分布図から次のような特徴を指摘できる。

①大田が最も高い(グループI)濃度であり、小河内

と小笠原が最も低い（グループIV）濃度にあること

さらに、これらの中間で濃度の比較的高い（グループII）測定点は、江戸川や江東などの東部地域で、濃度の比較的低い（グループII）測定点は世田谷や立川の西部地域であった。その中間の新宿、日比谷及び東京タワー（1,2,3）は重金属等の種類によって帰属するグループ（II又はIII）が異なること

②経年変化では平成4年度当たりから、いずれも濃度変動は小さくなっていること

③小河内と小笠原はいずれの場合も濃度変化がほとんどないこと

④東京タワーにおける高度別Bap濃度は、高度が高くなるほど小さくなること

4 おわりに

毎月一度、都内12地点で14カ所のサンプリングを行った1980年からの分析結果を統計処理して、濃度パターンのグルーピングを行い、またこれらの特徴を分析した。TSP や重金属類濃度は年々変動はあるものの、わずかずつ減少傾向にあるように見受けられる。しかし、依然とし濃度は高いレベルにあり、今後とも環境改善対策を強力に押し進めていく必要がある。その効果を確実に把握する方法としてこうした長期にわたるモニタリングの重要性は言うまでもない。

そして、こうした統計処理が今後の測定点の見直しや新たな重金属類の追加などの場合に活用されればより効果的な手段となろう。

今後は、重金属類を含めた浮遊粒子状物質は移動発生源や固定発生源が主な原因であるから対策を行うためには環境濃度と発生源との関係をより明らかにする必要がある。

引用文献

- 1) 浮遊粒子状物質等測定データ集、平成8年3月、東京都環境科学研究所