

# 宮城県の大気汚染常時監視におけるPM<sub>2.5</sub>の地域特性

## Regional Characteristics of PM<sub>2.5</sub> of Air Pollution Monitoring in Miyagi

太田 耕右 栗野 尚弥 大熊 一也 佐藤 健一

Kohsuke OHTA, Naomi AWANO, Kazunari OOKUMA, Kenichi SATO

宮城県内において常時監視を行っている微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の1時間値濃度を対象として、クラスター分析に基づき類似の傾向を示す測定地点をグループ化した。その結果、県内23の測定地点は5地域 (都市中心, 郊外, 都市周辺, 北部, 西部) にグループ化でき、PM<sub>2.5</sub>濃度の高い順に都市中心, 郊外, 都市周辺, 北部, 西部, という傾向が得られた。次に、PM<sub>2.5</sub>濃度の高かった都市中心, 郊外, 都市周辺について、PM<sub>2.5</sub>の原因物質とされるNO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NMHC及び光化学オキシダント (Ox) と、PM<sub>2.5</sub>濃度との相関を重回帰分析により解析した。結果、郊外ではNO<sub>2</sub>の相関係数が、都市周辺では定数項の相関係数が他の地域に比べて大きい結果となった。都市中心では、SO<sub>2</sub>, NMHC, および定数項との相関係数が大きい値であった。なお、定数項は、大気中の化学反応に依らず発生源から直接排出される粒子の影響を表すと解釈できる。以上により、地域によってPM<sub>2.5</sub>の主な原因物質が異なる可能性が示唆された。

キーワード：大気汚染常時監視；PM<sub>2.5</sub>；クラスター分析；重回帰分析

Key words : Air pollution monitoring; PM<sub>2.5</sub>; Cluster analysis; Multiple regression analysis

### 1 はじめに

近年、微小粒子状物質 (以下「PM<sub>2.5</sub>」という。) による呼吸器・循環器系への影響が懸念されている。このため、平成22年に環境省は「常時監視の事務処理基準」を改正し、PM<sub>2.5</sub>を地方公共団体による常時監視の対象に追加した。宮城県においては、順次PM<sub>2.5</sub>自動測定装置を大気環境測定局 (以下「測定局」という。) に設置しており、平成30年9月現在、計23の測定局 (図1) においてPM<sub>2.5</sub>の常時監視を行っている。

本検討では、宮城県内の測定局における常時監視データを解析することでPM<sub>2.5</sub>対策を立案するうえで有用な知見を得ることを目的とし、PM<sub>2.5</sub>濃度の地域特性を調査した。

### 2 解析方法

PM<sub>2.5</sub>濃度の地域特性を調べるため、クラスター分析を用いて23の測定局それぞれにおけるPM<sub>2.5</sub>濃度の時間変動の類似性を調査し、この分析の結果を参考に、類似した測定局をグループ分けした。

クラスター分析に用いたデータは、宮城県内の23測定局におけるPM<sub>2.5</sub>濃度の1時間値 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] である。分析対象期間は、平成30年の測定値のうち、比較的濃度の高かった4月1日～9月30日とした。クラスター分析で使用する非類似度は、(1)式に示すユークリッド距離dを採用した。クラスタリングは、他自治体において大気汚染常時監視測定局間の類似性を解析した事例<sup>2)</sup>を参考に、分類感度が高いとされるWard法を使用し、解析ソフトにはRを用いた。なお、類似した測定局をグループ分けする際、一律にdの値で区切らず、樹状図の形状および測定局の位置関係を考慮した。

$$d = \{ (a_1 - b_1)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2 \}^{0.5} \dots (1)$$

$a_k$  : 測定局aにおけるk番目の1時間値 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

$b_k$  : 測定局bにおけるk番目の1時間値 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

以上の方法で得られた各グループについて、PM<sub>2.5</sub>濃度 (1日における1時間値の最大値) の1週間平均値をプロットし、グループごとの差異を調べた。この場合、PM<sub>2.5</sub>は環境基準を下回るほどの低い濃度であるため、解析する1日値として、1日における1時間値の最大値を使うこととした。また、差異が生じた理由を調査するため、グループごとに重回帰分析を用いて偏回帰係数 $\alpha$ および切片 $\beta$ を求め、PM<sub>2.5</sub>濃度に影響する因子を考察した。

重回帰分析を行う際の説明変数は、NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NMHC, Oxの4物質濃度の1時間値とした。この4物質を説明変数とした理由は、図2<sup>3)</sup>に示すように、二次粒子 (大気中

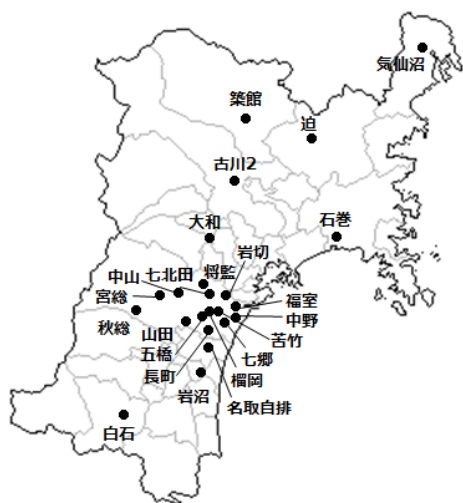


図1 宮城県内のPM<sub>2.5</sub>常時監視体制 (平成30年9月時点)

おける化学反応によって生成する PM<sub>2.5</sub> の原因物質であるとされているためである。

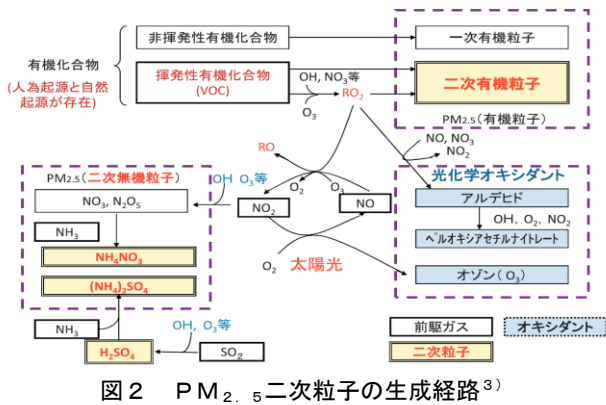


図2 PM<sub>2.5</sub>二次粒子の生成経路<sup>3)</sup>

以上により、以下に示す重回帰分析の結果を示した(2)式における偏回帰係数 $\alpha$ は、PM<sub>2.5</sub>濃度に及ぼすNO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NMHC、O<sub>x</sub>の影響を表し、一方で定数項 $\beta$ はNO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NMHC、O<sub>x</sub>濃度に関わらず発生するPM<sub>2.5</sub>、すなわち工場や自動車といった発生源等から直接排出される一次粒子等による影響を表すと解釈できる。

$$y = \alpha(\text{NO}_2) \times (\text{NO}_2) + \alpha(\text{SO}_2) \times (\text{SO}_2) + \alpha(\text{NMHC}) \times (\text{NMHC}) + \alpha(\text{O}_x) \times (\text{O}_x) + \beta \cdots (2)$$

$\alpha$  : 偏回帰係数     $\beta$  : 切片

$y$  : 1日におけるPM<sub>2.5</sub>濃度の最大値 [μg/m<sup>3</sup>]

$x$  : 1日におけるNO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NMHC、O<sub>x</sub>濃度の最大値 [NMHCのみppmC、それ以外はppb]

### 3 結果と考察

クラスター分析の結果を図3に示す。図3における縦軸は、(1)式に示すユークリッド距離 $d$ である。クラスター分析を参考にしたグループ分けについては、図4に示すように、23の測定局を5グループ(都市周辺・西部・北部・都市中心・郊外)の分類が適切と考えられた。

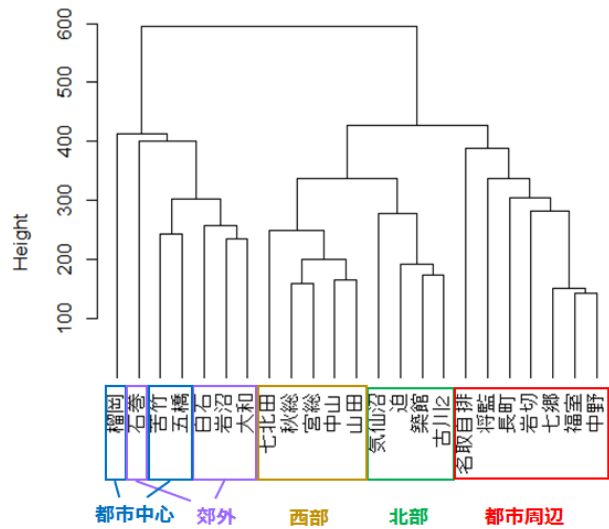


図3 測定局のグループ分け結果

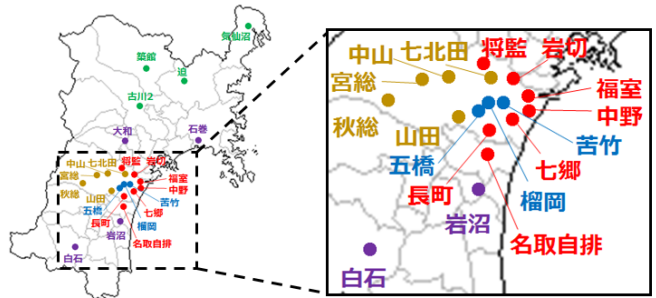


図4 グループ分けの地図表示

グループ毎にPM<sub>2.5</sub>濃度を比較した結果、濃度が高い順に、都市中心>郊外>都市周辺>北部>西部となった。図5において、PM<sub>2.5</sub>濃度1時間値の1日における最大値を一週間毎に平均した値を用いて示す。

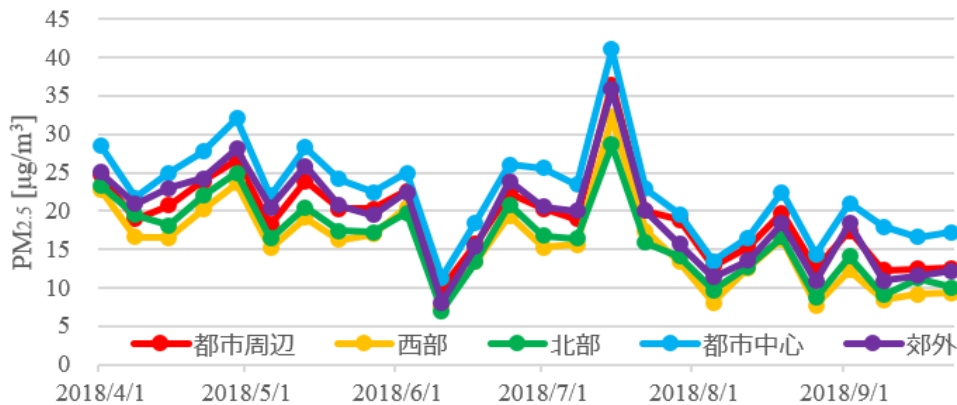


図5 各グループのPM<sub>2.5</sub>濃度

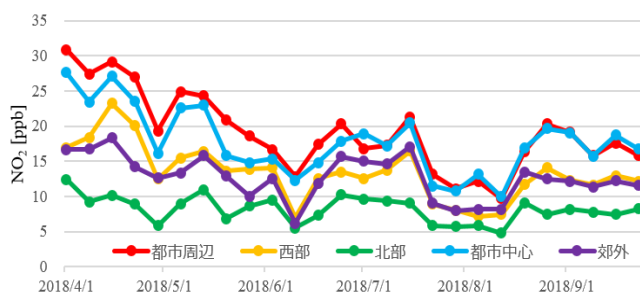


図6 各グループのNO<sub>2</sub>濃度

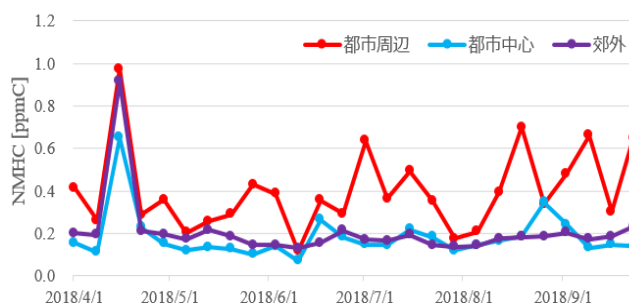


図8 各グループのNMHC濃度

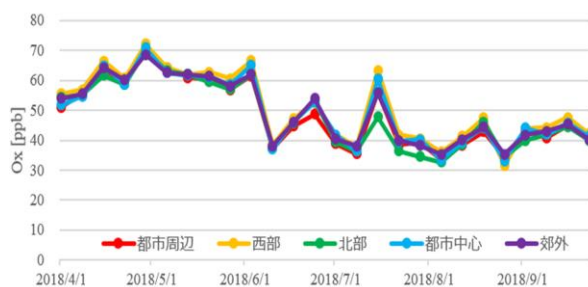


図7 各グループのOx濃度

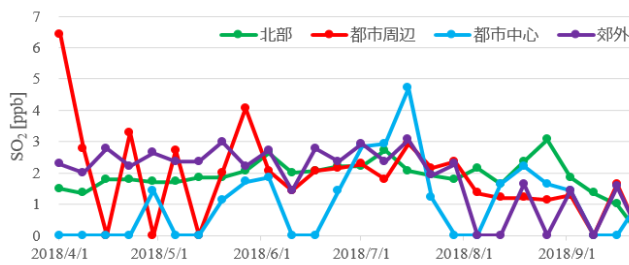


図9 各グループのSO<sub>2</sub>濃度

また、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NMHC、Oxについても同様に、グループ毎の濃度を比較した。その結果、NO<sub>2</sub>については都市中心および周辺で比較的高濃度となる傾向が得られた(図6)。一方で、Ox濃度に関しては顕著な差異は認められなかった(図7)。NMHCについては、西部および北部には測定局が無いため他の3グループでの比較となるが、都市周辺で比較的高濃度となった(図8)。ただし、測定局数が全4局(郊外は岩沼局、都市中心は榴岡局、都市周辺は中野局・将監局)と少ないため、各グループの地域特性とみなすためには慎重に検討する必要がある。さらに、SO<sub>2</sub>に関しては、図9に示すように顕著な地域特性は見られなかった。

図4の傾向が得られた理由を把握するため、PM<sub>2.5</sub>濃度が高かった3グループ(都市中心、都市周辺、郊外)について、重回帰分析を行った結果を表1に示す。

表1 重回帰分析の結果

		都市中心	都市周辺	郊外
α(偏回帰係数)	NO <sub>2</sub>	0.09	0.03	0.57
	SO <sub>2</sub>	2.15	0.91	1.40
	NMHC	4.06	1.41	-0.52
	Ox	0.29	0.27	0.26
β(切片)	一次粒子等	2.15	2.64	-3.52
PM <sub>2.5</sub> 濃度に影響を及ぼすと考えられる因子		一次粒子, SO <sub>2</sub> , NMHC	一次粒子	NO <sub>2</sub>

表1より、グループ毎に特徴があり、都市中心ではSO<sub>2</sub>、NMHC、一次粒子等の影響が大きく、都市周辺では一次粒子等、郊外ではNO<sub>2</sub>の影響が大きいためと推察された。

#### 4 まとめ

本研究では、PM<sub>2.5</sub>濃度に関するクラスター分析を基に県内23の測定局を5地域に分類した。分類の結果、PM<sub>2.5</sub>濃度は、都市中心>郊外≒都市周辺>北部≒西部の順となった。

さらに、このような順番となった原因を調べるため、PM<sub>2.5</sub>濃度の高かった都市中心、郊外、都市周辺について、PM<sub>2.5</sub>の原因物質と考えられているNO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NMHC、Oxを説明変数とし、PM<sub>2.5</sub>濃度を目的変数として重回帰分析を行った。重回帰分析の結果をもとに、偏回帰係数の大小を地域ごとに比較した結果、分類した地域ごとにPM<sub>2.5</sub>の原因物質が異なる可能性が認められ、対策を検討するに当たっては地域特性を考慮する必要性が示唆された。具体的には、都市中心ではSO<sub>2</sub>、NMHC、一次粒子等の影響が大きく、都市周辺では一次粒子等、郊外ではNO<sub>2</sub>の影響が大きいと推察された。

本研究においては、測定局における自動測定装置による質量濃度を基に検討を行ったが、PM<sub>2.5</sub>の成分分析結果や発生源(自動車、工場等)における排出量データを併用して解析を行うことで、PM<sub>2.5</sub>の発生メカニズム及びその地域ごとの特性に関して、より詳細な知見が得られる可能性がある。

#### 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について」の一部改正について(2010)
- 2) 池貝隆宏, 堀田健治, 佐藤篤子, 三浦聡子, 鈴木理沙子: 神奈川県環境科学センター研究報告, **36**, 36 (2013)
- 3) 坂本和彦: 表面科学, **36**, 141 (2015)