

<報文>

全国常時監視データの解析によるPM_{2.5}の経年推移と地域的特徴*

長谷川就一**・寺本佳宏***・武直子****

キーワード ①微小粒子状物質 (PM_{2.5}) ②越境汚染 ③地域汚染

要 旨

2013～2016年度の全国の一般大気環境測定局（一般局）におけるPM_{2.5}の年平均値は“西高東低”の傾向を保ちながら年々低下し、4年間で3.5 μg/m³程度（2割強）低下していた。これは主に越境汚染の影響の減少を表していると考えられる。季節ごとにみると、冬季（1～3月）は4年間で全国的に3割程度低下したが、春季（4～6月）と秋季（10～12月）は主に西日本で2割程度低下した。一方、日平均値は高濃度帯の頻度が年々減少した一方、低濃度帯の頻度の増加は2015年度から目立って起きていた。

1. はじめに

微小粒子状物質（PM_{2.5}）は2009年に環境基準が定められ、常時監視に基づく環境基準の評価が始まった。当初、PM_{2.5}の常時監視測定局は少なかったが、2013年1～2月に起こった中国における深刻な大気汚染及びその日本への影響の懸念が高まったことにより、PM_{2.5}の測定局数は急速に増加し、PM_{2.5}の全国的な状況の把握が可能となった。PM_{2.5}の環境基準は、年平均値による長期的評価及び日平均値の年間98%値による短期的評価があり、この2つを満たすことができれば、当該測定局は環境基準を達成したことになる。2014年度までの環境基準の達成率は、年々変動はあるものの全般的に低い状況であったが、2015年度以降は年々改善傾向となった¹⁾。

環境基準の達成率が低い要因には、越境汚染や広域汚染ばかりでなく地域汚染も考えられるため、低減対策及び達成率の向上のためには、こうした汚染要因を解明することが必要となる。これは、達成率の改善傾向の解明にも言える。汚染要因は全国一律ではなく地域によって異なると考えられるため、地域の分け方が解析において1つの鍵となる。また、常時監視データの解析の有用な指標の検討も重要となる。

そこで、2013～2016年度のPM_{2.5}の全国常時監視データによる年平均値や季節平均値について、経年推移や地域的な違いなどの状況を把握し、汚染要因やその変化などを考察した。また、PM_{2.5}の高濃度の出現頻度や、年間の日平均値の分布の地域差などを考察するため、日平均値

についての都道府県別の濃度階級別頻度分布を調べ、地域的な特徴を考察した。

2. 方法

国立環境研究所環境数値データベースの大気環境時間値データファイルを用いて、2013～2016年度の全国の一般環境大気測定局を対象に、有効測定日（測定時間20時間以上）の日平均値を求めた。そして、それを基に年平均値、日平均値年間98%値（以下、98%値）をそれぞれ求めた。さらに、4～6月を春季、7～9月を夏季、10～12月を秋季、1～3月を冬季として、季節平均値も求めた。年平均値の局数は2013年度：489、2014年度：673、2015年度：766、2016年度：785である。ただし、季節平均値の局数は、例えば、（特に春季に）機器が設置される前のためデータが存在しない、または機器が設置されていても故障等のトラブルによりデータが欠測となり、データ有効局数が数局～20局程度少ない場合がある。

年平均値については、年度ごとにNO₂/NO_x比が0.9以上、NO₂年平均値が0.01 ppm以下の局を抽出することで、自動車等の燃焼発生源を中心とした地域汚染の影響をできるだけ排除し、越境汚染の影響を考察した。

日平均値については、年度ごと、かつ都道府県ごとに、9つの濃度階級に分け、頻度分布（全データ数に占める各濃度階級のデータ数の割合）を求めた。9つの濃度階級は、(1)5 μg/m³以下、(2)5 μg/m³超10 μg/m³以下、(3)10 μg/m³超15 μg/m³以下、(4)15 μg/m³超25 μg/m³以下、(5)25 μg/m³

*Yearly transition and regional characteristics of PM_{2.5} by analysis of the national monitoring data in Japan

**Shuichi HASEGAWA（埼玉県環境科学国際センター）Center for Environmental Science in Saitama

***Yoshihiro TERAMOTO（三重県保健環境研究所）Mie Prefecture Health and Environment Research Institute

****Naoko TAKE（新潟県新発田地域振興局）Shibata Regional Promotion Bureau, Niigata Prefecture

超35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下, (6) 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下, (7) 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下, (8) 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下, (9) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下である。そして, 2013年度の都道府県ごとの頻度分布割合データを用いてクラスター解析を行い, 地理的位置と山地・山脈による地形を考慮しながら, 頻度分布割合のパターンが類似している都道府県をグループ化することで, 地域的な特徴を考察した。

また, 年平均値と季節平均値について, 各グループの測定局の値の分布を表す統計値(平均値, 中央値, 25・75%値, 最小・最大値)を求め, さらに地域的な特徴を考察した。

3. 結果と考察

3.1 全国的な状況の経年推移

2013~2016年度それぞれの全国の一般局における年平均値と98%値の関係(図1)には, 明確な正の相関関係があることが確認できた。年平均値の分布は2015年度にやや低下, 2016年度に明確に低下した一方, 98%値は2015年度にかけて徐々に低下し, 2016年度は明確に低下した。これにより分布の傾きが徐々に小さくなり, また, 分布のばらつきも小さくなった。全体的に, 年平均値が低下したことはもちろんだが, 同じ年平均値でも98%値が大きく低下していることから, 短期基準の達成率の向上が環

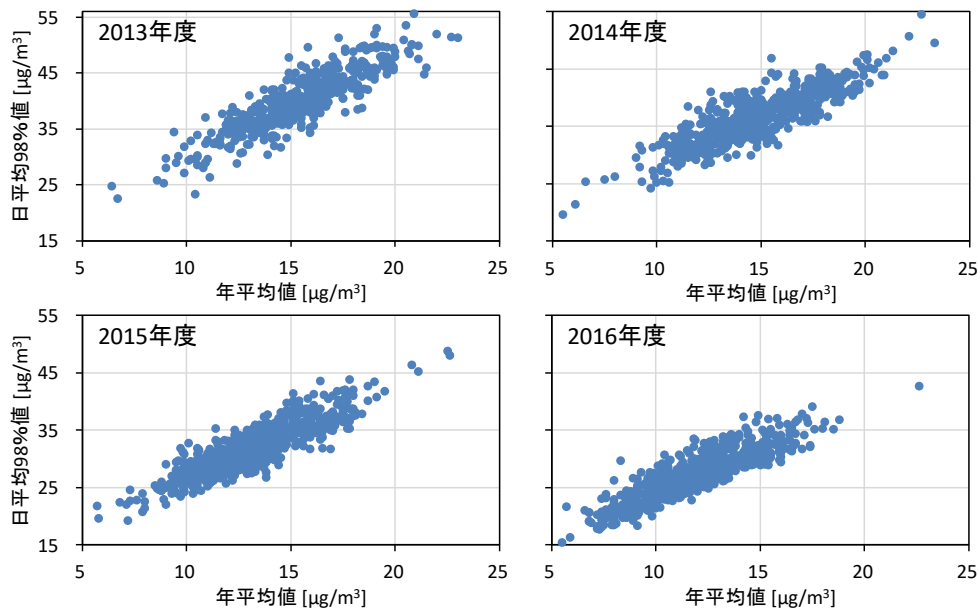


図1 全国の一般局における年平均値と日平均値年間98%値の関係

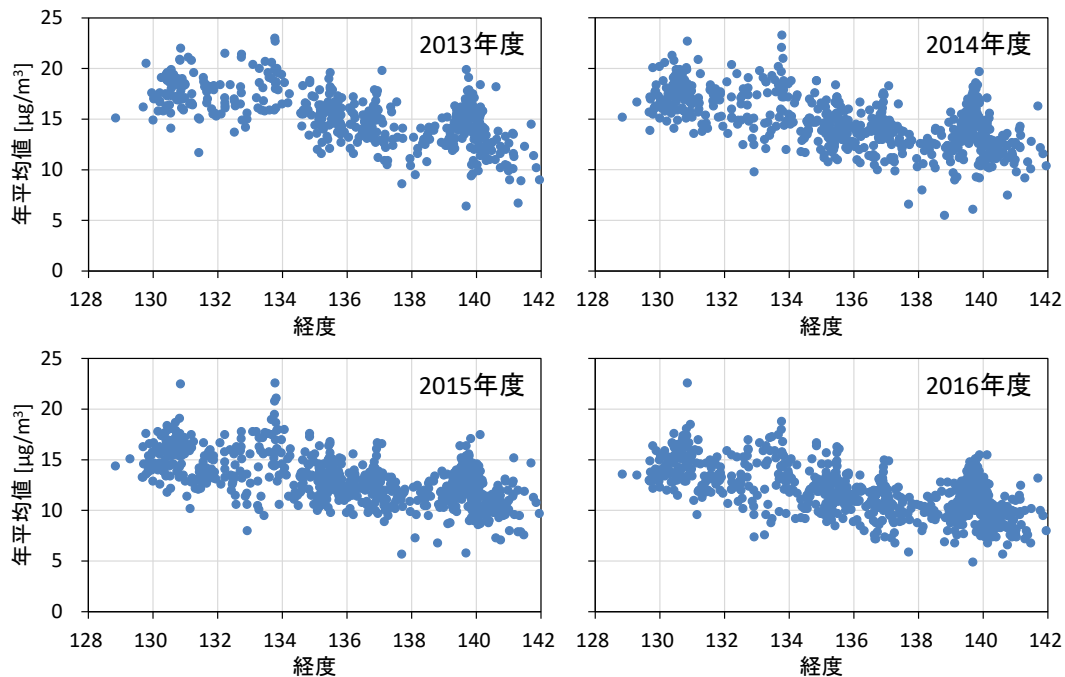


図2 全国の一般局における年平均値と経度の関係

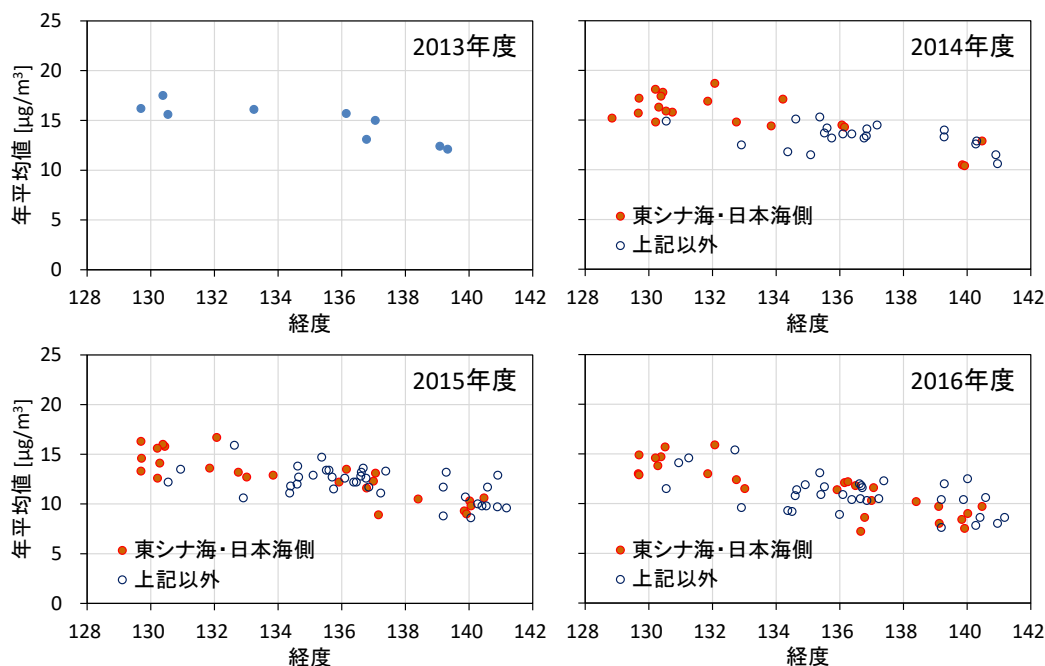


図3 地域汚染の影響が小さいと推測される一般局における年平均値と経度の関係

境基準達成率の向上に主に寄与したと考えられる。環境基準の非達成に着目すると、2013年度は長期基準・短期基準いずれも非達成というパターンが占めていたが、2016年度は短期基準は達成しているが長期基準が非達成というパターンが多かった。

2013～2016年度それぞれの一般局における年平均値を、測定局が位置する経度順に並べて地域分布を調べた結果、一貫して“西高東低”の傾向を保ちつつも、全体的な濃度レベルは年々低下していく傾向がみられ、2013年度に比べて2016年度は3.5 μg/m³程度低下していた(図2)。この“西高東低”の傾向は、主に大陸からの距離に伴う越境汚染の影響の大小を表し、ほぼ同じ傾きのままレベルが年々低下しているのは、主に越境汚染の影響の減少を表していると考えられる。これは気象の変化ではなく、大陸における汚染物質の排出量の減少によるものであることが示唆されている²⁾。一方、同じ経度付近でも高い値がみられる地域(例えば139～140度に集中している関東など)は、地域汚染の影響が相対的に大きいと考えられる。そこで、NO₂/NO_x比とNO₂年平均値により抽出した経度順の地域分布(図3)をみると、低下幅は若干小さめの傾向がみられた(なお、データ数が増えた2014年度以降は、大陸からの越境汚染の影響をより受けやすいと考えられる東シナ海・日本海側の地点とそれ以外の地点に分けることで傾向が異なるかをみたが、明確な違いはなかった)。このため、2013年度から2016年度の3.5 μg/m³程度の低下の中には、地域汚染の低下分も若干含まれている可能性が考えられる。

3.2 日平均値を基にした地域的な特徴

次に、日平均値について、年度ごと、かつ都道府県ごとに、9つの濃度階級の頻度分布割合を求めた結果、全般的には年平均値の“西高東低”と同様の傾向がみられたが、近隣でも分布の特徴に違いもあった。2013年度の結果に対するクラスター解析をベースにしてグループ化した結果、「A 沖縄・宮崎・高知・徳島」、「B 九州・瀬戸内」、「C 山陰」、「D 近畿・東海・福井」、「E 北陸」、「F 長野」、「G 静岡」、「H 関東・山梨」及び「I 東北・北海道」の9つの地域にグループ化した(図4)。ここで、九州、中国及び四国地方はA～Cの3つのグループ



図4 日平均値の濃度階級頻度分布のクラスター解析をベースにした都道府県グループ

に分類され、北陸地方に属する福井県はEではなくDの近畿等のグループに分類された。また、Fの長野とGの静岡は、それぞれ単独のグループとなった。これは、両県が独自の特徴を持つこと、もしくは近隣地域からの複雑な影響を受けていることを示唆している。このように、PM_{2.5}の濃度状況からみた地域分布は、一般的に用いられる地域区分とは異なる点がいくつかみられた。これは、地理的・地形的影響によるものと考えられ、地域別に考察する際に留意する必要があることが示唆された。

47都道府県をこの9つのグループで並べた頻度分布を図5に示す。紙幅の都合上、2013年度及び2016年度のみ図示したが、2014年度は2013年度に比べて高濃度帯（35 μg/m³超）の減少が目立った一方、2015年度は2014年度に

比べて低濃度帯（15 μg/m³以下）の増加が目立ち、さらに2016年度は2015年度に比べて、短期基準を超過する高濃度帯だけでなくその手前の濃度帯（25～35 μg/m³）の減少が顕著であった。4年間を通じて低濃度帯の割合が低いのはBグループ（九州・瀬戸内）で、この地域は濃度ベースが高いことがわかる。また、Bグループは近隣のAグループ（沖縄・宮崎・高知・徳島）及びCグループ（山陰）と比べて25～35 μg/m³の濃度帯の頻度が高く、ここからBグループの特徴がみえる。一方、最も低濃度である5 μg/m³以下の割合が高いのはFグループ（長野）、次いでIグループ（東北・北海道）であった。年度が進むにつれて、IグループだけでなくEグループ（北陸）もFグループの頻度分布と類似した分布を示すようになり、単独グル

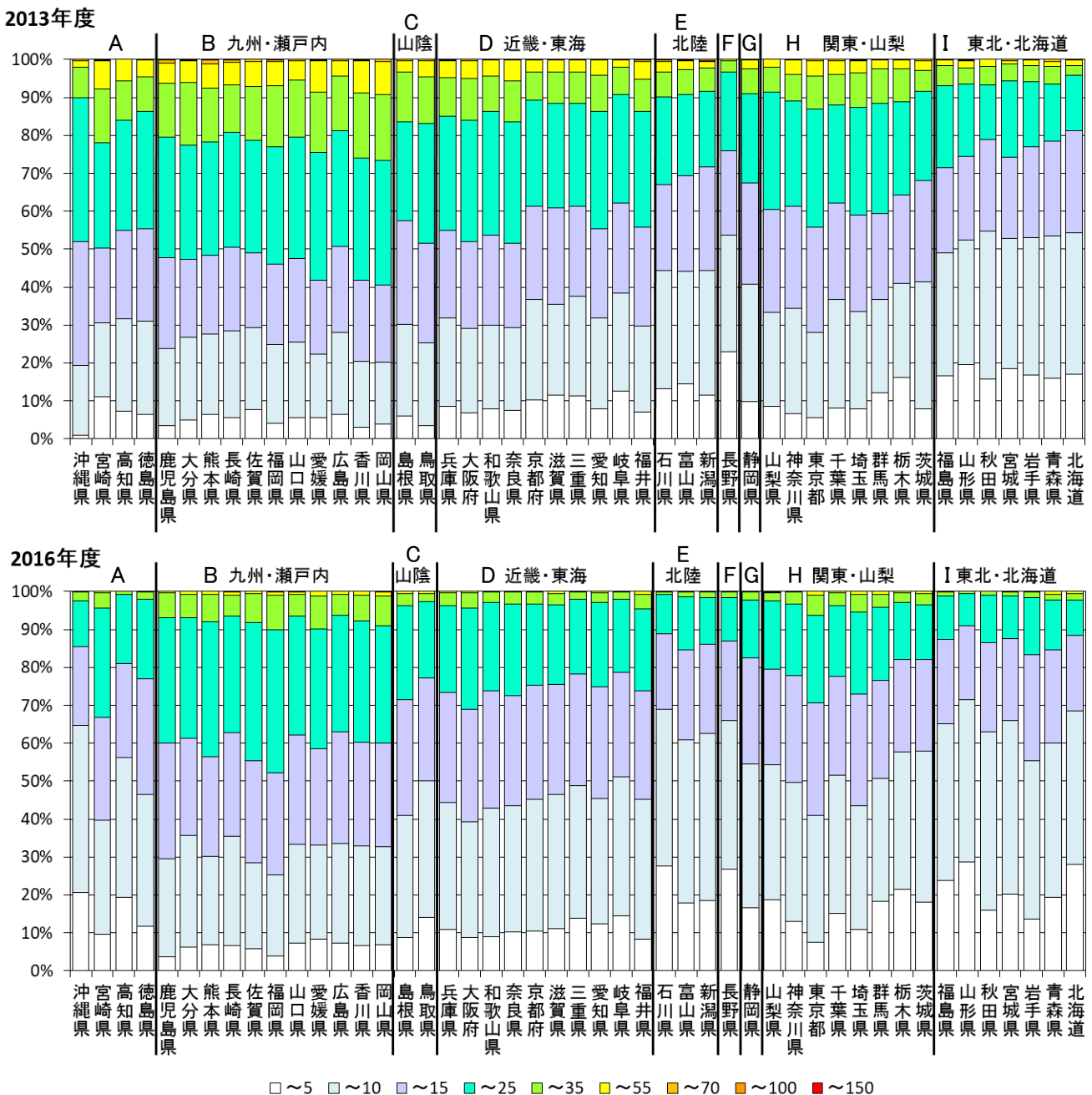


図5 都道府県別の日平均値頻度分布（2013年度及び2016年度）

ープである長野の特異性は低下した。長野と同じく単独グループである静岡 (Gグループ) は、隣接する神奈川 (Hグループ) 及び愛知 (Dグループ) より低濃度帯の割合が高く、山梨 (Hグループ) 及び長野 (Eグループ) より低かった。しかし、15 μg/m³超の割合は、長野以外の隣接3県ともに静岡より高く、静岡は比較的清浄地域とみられる長野と、他2グループとの中間的な濃度構成を示していると考えられる。

なお、この年度ごとの頻度分布を季節別に分解すると、2013年度春季は西日本を中心に、2013年度夏季・冬季及び2014年度春季は全国的に、高濃度帯がそれぞれ増加しており、大規模な高濃度事例の影響^{1,3)}がうかがえた。2015年度及び2016年度にも高濃度事例が観測されているが、規模は2013年度及び2014年度と比較して徐々に小さくなり^{1,4)}、その影響で頻度分布の高濃度帯が減少し、逆に低濃度域が増加したと考えられる。

3.3 地域的な状況の経年推移

9つのグループにおける測定局の年平均値を統計値 (平均値, 中央値, 25・75%値, 最小・最大値) として

整理したものを図6に示す。経度順地域分布 (図1) と同じく西高東低傾向であったが、西日本の最大濃度地域である九州・瀬戸内と東日本の最小濃度地域 (年度により異なる) の中央値の差を西高東低の差として比較すると、2013年度の7.5 μg/m³に対して2016年度は5.6 μg/m³となり、25%小さくなった。また、中央値はどの地域も年々ほぼ減少しており (2014年度のIグループ (東北・北海道) のみ2%増加)、2013年度に比べ2016年度の減少割合は17~30%であった。

また、季節平均値でみると、西高東低の傾向が前年に比べ若干大きくなる場合もあるが、ほぼすべての季節及び地域で年々小さくなり、2013年度に比べ2016年度における西高東低の差は10~43%小さくなった (図7)。2013年度は西高東低の傾向は春季と冬季に強くなり、夏季と秋季に弱くなる傾向が見られるが、年々、季節による特徴は小さくなり、2016年度は逆に夏季と秋季が春季と冬季より西高東低の傾向がわずかではあるが大きくなった。

ここで、相対的に越境汚染の影響が大きいBグループ (九州・瀬戸内) と、地域汚染の影響が大きいHグループ (関東・山梨) に着目し、それぞれの経年変化を比較し

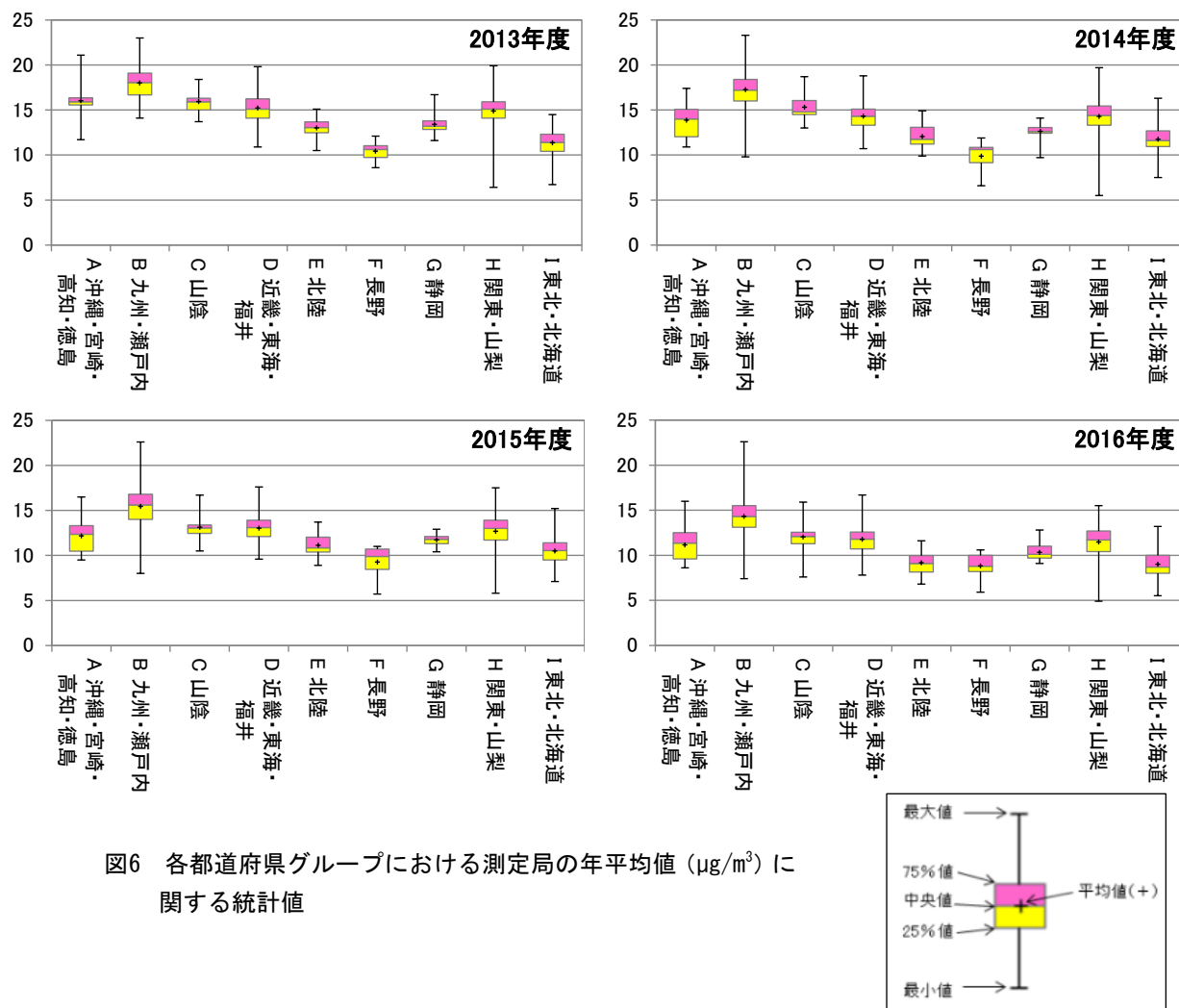


図6 各都道府県グループにおける測定局の年平均値 (μg/m³) に関する統計値

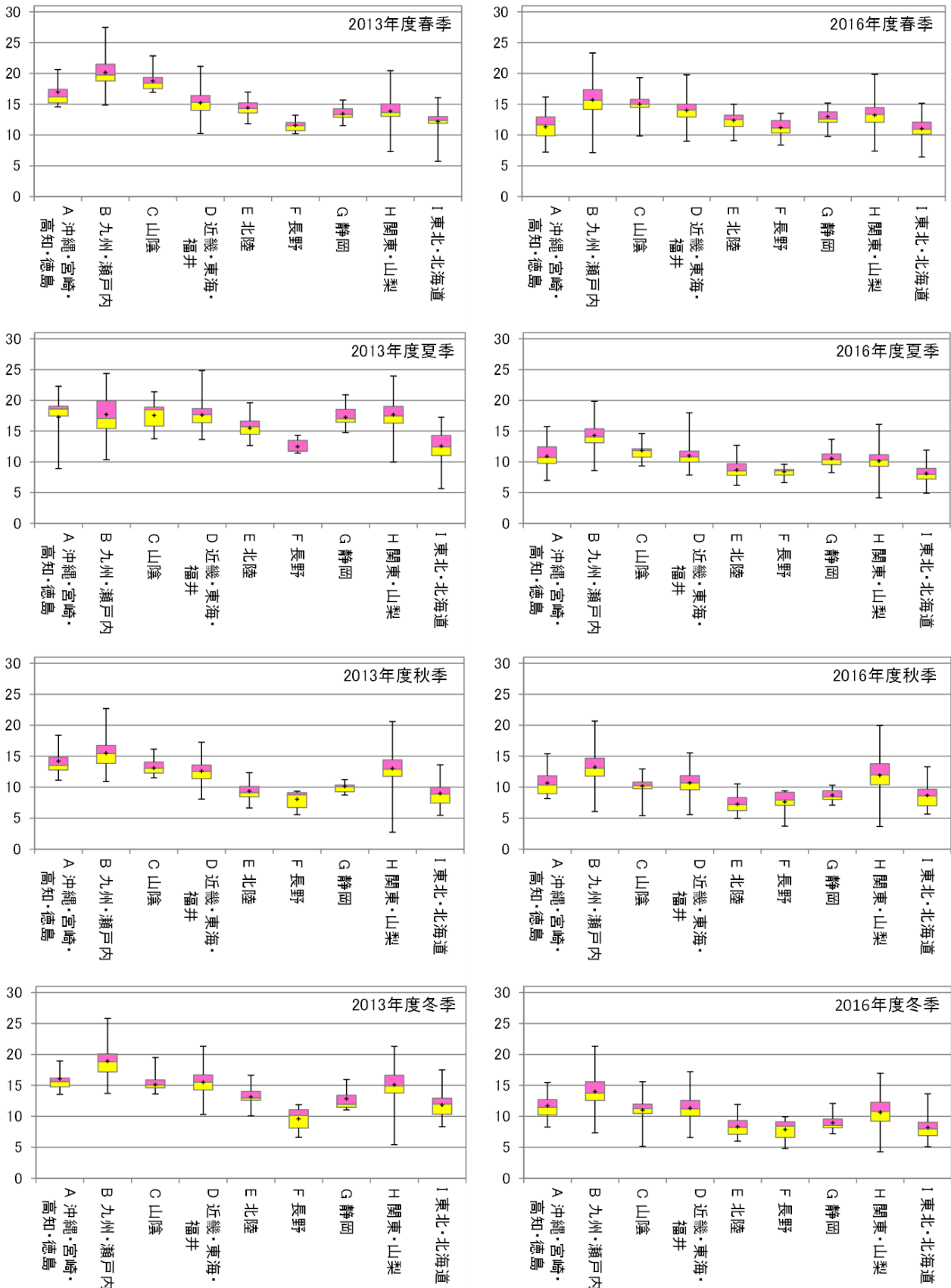


図7 各都道府県グループにおける測定局の季節平均値 (µg/m³) に関する統計値 (2013年度及び2016年度)
(凡例は図6を参照)

表1 各都道府県グループにおける測定局の季節平均値の中央値の経年変化（2013年度を1として）

	A 沖縄・宮崎・ 高知・徳島	B 九州・瀬戸内	C 山陰	D 近畿・東海・ 福井	E 北陸	F 長野	G 静岡	H 関東・山梨	I 東北・北海道	全国平均
春季										
2013年度	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014年度	1.05	1.08	1.09	1.19	1.18	1.20	1.31	1.22	1.18	1.17
2015年度	0.80	0.88	0.90	0.95	1.04	1.07	1.02	1.06	1.10	0.98
2016年度	0.72	0.79	0.82	0.92	0.88	0.97	0.94	0.98	0.89	0.88
夏季										
2013年度	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014年度	0.71	0.85	0.68	0.74	0.71	0.77	0.79	0.83	0.96	0.78
2015年度	0.61	0.84	0.70	0.69	0.75	0.81	0.73	0.71	0.88	0.75
2016年度	0.58	0.82	0.64	0.61	0.54	0.73	0.61	0.59	0.64	0.64
秋季										
2013年度	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014年度	0.90	0.97	0.94	0.95	1.00	1.07	0.92	1.03	1.11	0.99
2015年度	0.82	0.90	0.79	0.96	0.91	1.04	1.01	0.97	0.94	0.93
2016年度	0.76	0.85	0.78	0.85	0.79	0.91	0.84	0.93	0.97	0.85
冬季										
2013年度	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014年度	0.92	0.91	0.97	0.87	0.89	1.08	0.87	0.85	0.84	0.91
2015年度	0.80	0.84	0.84	0.84	0.68	0.86	0.90	0.80	0.72	0.81
2016年度	0.73	0.73	0.75	0.72	0.63	0.83	0.71	0.72	0.67	0.72

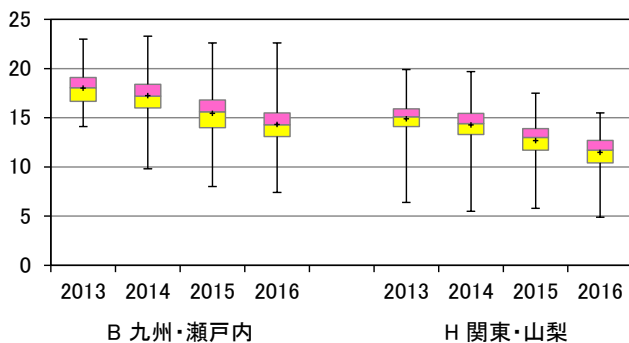


図8 九州・瀬戸内及び関東・山梨における測定局の年平均値（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の統計値の推移（凡例は図6を参照）

たところ（図8），どちらもほぼ同様の減少傾向であり，2013年度に比べ2016年度の減少割合はそれぞれ20%と23%であった。

各グループにおける測定局の季節平均値の中央値を，2013年度を1として2016年度までの経年変化を調べたところ（表1），冬季は全国的に3割程度低下し，秋季は東海・北陸以西で2割程度低下した。春季は2014年度に大規模な高濃度イベントがあったため近畿以東で2割程度増加したが，最終的には全地域で低下し，山陰以西で2割程度低下した。一方，夏季は，2014年度に大きく（2～3割）低下しているが，2013年度に大規模な高濃度イベントが8月にあり³⁾，全国において日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した延べ日数（有効測定局数当たり）を月別でみると4年間でも最も多くなっていた¹⁾。それゆえ2013年度を比較の基準とすれば，低下傾向を過大評価する可能性があるため，2014年度からの経年変化をみたところ，西日本での低下は小さく，東に行くほど低下する対照的な傾向がみられた。

4. 謝辞

本報は，国立環境研究所と地方環境研究所によるⅡ型共同研究「PM_{2.5}の環境基準超過をもたらす地域的/広域的汚染機構の解明」（2016～2018年度）の全国データ解析グループによる研究結果である。研究期間途中まで本報の内容に携わった方も含め，関係各位に謝意を表する。

5. 引用文献

- 1) 環境省水・大気環境局：平成30年度大気汚染物質（有害大気汚染物質等を除く）に係る常時監視測定結果大気汚染状況，<http://www.env.go.jp/air/osen/math30/taikiosenjokyo/full.pdf>（2020.5.8アクセス）
- 2) 鶴野伊津志，王哲，弓本桂也，板橋秀一，長田和雄，入江仁士，山本重一，早崎将光，菅田誠治：PM_{2.5}越境問題は終焉に向かっているのか？．大気環境学会誌，52，177-184，2017
- 3) 山神真紀子，橋本貴世，熊谷貴美代，寺本佳宏，遠藤昌樹，木下誠，中坪良平，長谷川就一，菅田誠治：2013-2015年度における全国のPM_{2.5}高濃度分布．第57回大気環境学会年会講演要旨集，355，2016
- 4) 山神真紀子：PM_{2.5}の高濃度イベント観測・解析でわかったこと-自治体の取り組みについて-．第60回大気環境学会年会講演要旨集，149，2019