

<報文>

PM_{2.5}成分の長期測定データを用いた
自動車排出ガス影響の解析*

高野 七海**・長谷川 就一***・太田 優**・柴田 学****

キーワード ①微小粒子状物質 ②自動車排出ガス測定局 ③元素状炭素 (EC) ④窒素酸化物 (NOx)

要 旨

2011年度に地方自治体においてPM_{2.5}成分分析が開始されてから10年以上が経過し、長期的なデータが蓄積されつつある。今回、2011～2022年度の全国のPM_{2.5}成分分析で得られた元素状炭素の大気濃度を用いて、PM_{2.5}における自動車排出ガスの影響を解析した。自動車排出ガス測定局19地点と各測定局の近くに位置する一般環境大気測定局の元素状炭素の大気濃度の差は近畿の一部の測定局を除き年々減少傾向であり、最大で約8割減少していた。自動車排出ガス測定局における元素状炭素と窒素酸化物の大気濃度は年々減少してきており、両者の年平均値の間には正の相関がみられた。こうした低減には自動車排出ガス規制や自動車NOx・PM法に伴う基準適合車への置き換えが寄与したと考えられた。

1. はじめに

PM_{2.5}は大気中に浮遊する粒子状物質のうち、粒径2.5 μm以下の極めて小さな粒子であり、肺の奥深くまで入り込むことがあることから、健康への影響が懸念されている。日本国内では2009年に環境基準が設定され、さらに発生メカニズムの究明や効果的な対策の実現のため、2011年に成分分析ガイドライン¹⁾が策定され、国及び地方自治体においてPM_{2.5}の成分分析が開始された。

一方、PM_{2.5}の主要な発生源の一つである自動車排出ガスは、PM_{2.5}の環境基準が設定される以前から、大気汚染対策として規制が行われてきた。国内においては、1960年代に高度経済成長による自動車の普及とともに、自動車排出ガスによる大気汚染が深刻な社会問題として認識されるようになった²⁾。こうした状況から、1966年にガソリン車の一酸化炭素排出規制が日本で初めて導入され、さらに1968年に大気汚染防止法が制定されると、自動車排出ガス規制が法的な枠組みに組み込まれた。その後現在に至るまで段階的に規制が強化されてきており、自動車排出ガスによる大気汚染は改善してきている。

こうした規制はPM_{2.5}の低減にも寄与していることが報告されており³⁾、PM_{2.5}の成分や大気濃度の変化と自動車排出ガスの関係について全国規模で解析することで、

自動車排出ガス規制によるPM_{2.5}低減に対する効果の検証や地域ごとの効果的な対策の検討に役立つ知見が得られると考えられる。そこで本稿では、地方自治体によるPM_{2.5}成分分析の結果を用いて、自動車排出ガスの主要な成分である元素状炭素（以下、「EC」という。）の大気濃度の推移と自動車排出ガスの関係について取りまとめたので報告する。

2. 方法

解析には環境省が公表している2011～2022年度の全国PM_{2.5}成分分析結果を用いた。全国の自動車排出ガス測定局（以下、「自排局」という。）のうち、長期間継続したデータがあり、かつ近くに成分分析を実施している一般環境大気測定局（以下、「一般局」という。）が存在する19地点のデータを抽出し、各年度におけるPM_{2.5}質量濃度及びEC大気濃度の年平均値を算出した。また、PM_{2.5}における自動車排出ガスの影響の変化を調べるため、解析対象の自排局から近い一般局16地点のデータを抽出し、各自排局とその近くに位置する一般局との年平均EC大気濃度の差を算出した。解析対象とした自排局及び一般局は図1のとおりである。なお、図1に示す地点は解析対象の自排局の位置を表し、括弧内に比較対象とし

*Analysis of Impact of Vehicle Exhaust Using Long-term Data of PM_{2.5} Chemical Components

**Nanami TAKANO, Yu OTA (札幌市衛生研究所) Sapporo City Institute of Public Health

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

****Manabu SHIBATA (札幌市保健所) Sapporo Public Health Office



図1 解析対象地点

た一般局名を記している。このデータは四季毎に14日間（年間56日間）の測定結果である。

EC大気濃度と自動車走行台数との関係を調べるため、国土交通省が公表している「平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査」⁴⁾（以下、「道路交通センサス」という。）のデータから解析対象の自排局に隣接する路線の24時間自動車類交通量（上下合計）及び混雑度を抽出し集計した。集計の対象とした路線は表1のとおりである。なお、道路交通センサスの調査対象は高速自動車国道，都市高速道路，一般国道，主要地方道である都道府県道及び指定市の市道，一般都道府県道，指定市の一部の一般市道であり，自排局に隣接する道路のうち道路交通センサスの調査対象外の路線の交通量は含めていない。

併せて，国立環境研究所が公表している大気汚染常時監視データファイル⁵⁾を用いて，自排局19地点における2011～2022年度の窒素酸化物（以下，「NO_x」という。）の大気濃度の年平均値を算出した。また，EC及びNO_xの大気濃度と自動車走行量との関係を調べるため，国土交通省が公表している「自動車燃料消費量統計年報（2011～2022年度）」⁶⁾の燃料別，地方運輸局別の走行キロ（ガソリン，軽油）のデータを集計した。

3. 結果と考察

3.1 PM_{2.5}質量濃度及びEC大気濃度の経度分布

自排局19地点におけるPM_{2.5}質量濃度及びEC大気濃度の年平均値と経度分布を図2に示す。なお，ここでは経年変化が見やすいよう代表的な年度のみ表示している。PM_{2.5}質量濃度は西側が高く東側が低い傾向であった一方，EC大気濃度はこうした傾向は見られなかった。越境汚染の影響によりPM_{2.5}の年平均値は西高東低の傾向に

表1 自排局（19地点）に隣接する集計対象路線一覧

測定局名	集計対象路線
名取自排	一般国道4号
苦竹	一般国道45号
甲州街道国立	八王子国立線
打越町	一般国道16号（八王子バイパス）
青葉台	一般国道246号
池上測定局	東京大師横浜線，高速神奈川1号 横羽線
茅ヶ崎駅前交差点	一般国道1号，丸子中山茅ヶ崎
元塩公園	一般国道23号
大平	一般国道1号，岡崎環状線
千歳*	一般国道1号
自排南	一般国道1号
東大阪市環境衛生検査センター	大坂中央環状線，近畿自動車道
吹田簡易裁判所	一般国道479号
出来島小学校	一般国道43号
砂田子ども広場	米谷昆陽尼崎線
津門川	一般国道43号，高速神戸西宮線
船場自排	一般国道2号
林崎	明石高砂線
長津	一般国道2号

*千歳に隣接する名古屋市道高速2号については，測定局との高低差が大きいため集計対象外とした。

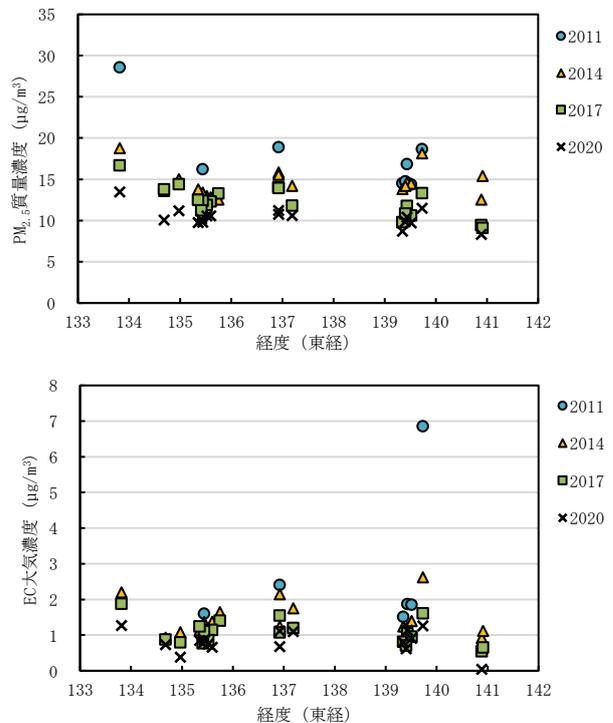


図2 PM_{2.5}質量濃度（上）及びEC大気濃度（下）の年平均値と測定地点の経度の関係

あることが報告されているが⁷⁾、EC大気濃度は特定の測定局において高い傾向にあったことから、越境汚染よりも地域汚染の影響を強く受けていたことが示唆された。

3.2 自排局におけるEC大気濃度と交通量の関係

2015年度における自排局19地点に隣接する路線(表1)の24時間自動車類交通量(上下合計)(以下、「24時間交通量」という。)とEC大気濃度の年平均値の関係を図3に示す。大型車だけの24時間交通量は、津門川(兵庫県)、東大阪市環境衛生検査センター(大阪府)、元塩公園(愛知県)、池上測定局(神奈川県)、大平(愛知県)の順に高かった。大型車・小型車の合計は東大阪市環境衛生検査センター、津門川、池上測定局、大平、元塩公園の順に高く、大型車だけの場合と似た傾向であった。24時間交通量とEC大気濃度の年平均値との関係において、池上測定局、元塩公園及び大平は他の測定局に比べ24時間交通量、年平均EC大気濃度が共に高く、傾向が一致していた。一方、東大阪市環境衛生検査センター及び津門川は24時間交通量が多いものの、EC大気濃度の年平均値は他の測定局と比べて高くなかった。東大阪市環境衛生検査センターと津門川はいずれも地上道路のほか高架道路が隣接しているため交通量が相対的に多かったが、一方で道路と自排局との間に距離があったことから、EC大気濃度が高くなかったのではないかと考えられた。

甲州街道国立(東京都)、船場自排(兵庫県)、林崎(兵庫県)及び長津(岡山県)は24時間交通量に対しEC大気濃度の年平均値が高い傾向にあった。甲州街道国立は隣接する路線の混雑度が集計対象とした路線の中で最も高く、慢性的に混雑状態であったと推測されること

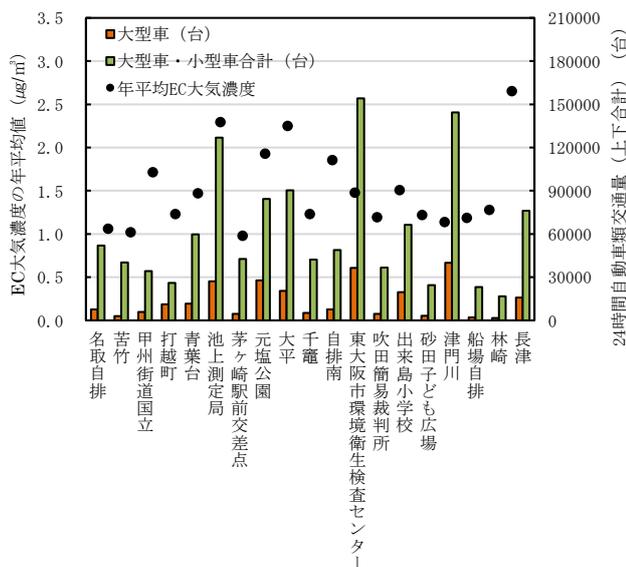


図3 自排局(全国19地点)におけるEC大気濃度の年平均値と隣接する路線の交通量の関係(2015年度)

から、相対的に交通量に対する自動車排出ガスの排出量が多くなり、EC大気濃度が高くなった可能性が考えられた。船場自排、林崎及び長津については、2015年度の夏季にEC大気濃度が例年より高濃度であり、この影響でEC大気濃度の年平均値が高くなったと考えられた。2015年度の夏季はPM_{2.5}が広域的に数日間にわたり高濃度となり、高濃度要因として越境汚染、地域汚染のいずれも示唆されたと報告されている⁸⁾。船場自排、林崎及び長津はいずれも西日本の瀬戸内海に面した立地であり、自動車以外の要因でEC大気濃度が高くなった可能性が考えられた。

3.3 自排局と一般局における年平均EC大気濃度の差の経年変化

自排局19地点とその近くに位置する一般局との年平均EC大気濃度の差の経年変化を図4に示す。自排局と一般局におけるEC大気濃度の差は主に自動車排出ガスの影響によるものと考えられるが、近畿の一部の測定局を除き年々減少傾向であり、自動車排出ガス由来の大気中ECが年々減少してきていることが示唆された。特に、3.2において交通量が多くEC大気濃度の年平均値が高いと述べた自排局(池上測定局、元塩公園、大平)では、測定開始時から2022年度まで(大平は測定を実施していた2020年度まで)に一般局との年平均EC大気濃度の差が約8割減少していた。

一方、兵庫県内の測定局は測定開始時から自排局と一般局の差が小さい傾向であったが、この要因として、瀬戸内海側に交通量の多い幹線道路や工場等が立地しており、海岸から山までの距離が比較的近いという地理的特徴から、自排局と一般局の年平均EC大気濃度にあまり差がみられなかったのではないかと考えられた(図5)。

3.4 自排局におけるEC及びNOx大気濃度の推移と自動車排出ガス規制の関係

自排局19地点における2011~2022年度のNOx及びECの大気濃度の年平均値の間には正の相関が見られた(図6)。NOx及びECの大気濃度の年平均値の推移を図7に示す。図7ではNOxとECのスケールは測定局ごとに異なるが、いずれの測定局においても両者の低下傾向は概ね同じように進んできていた。一方、2011~2022年度における燃料別、地方運輸局別の自動車走行量(ガソリン、軽油)は、2020年度に新型コロナウイルス感染症の影響を受けて減少した以外は、年々横ばい~微増傾向であった。

国内において自動車の排出ガス規制が開始されたのは1966年であるが、その後NOx排出量の規制が1973年に、ディーゼル自動車の排出ガス中に含まれる粒子状物質(以下、「PM」という。)排出量の規制が1994年に開始

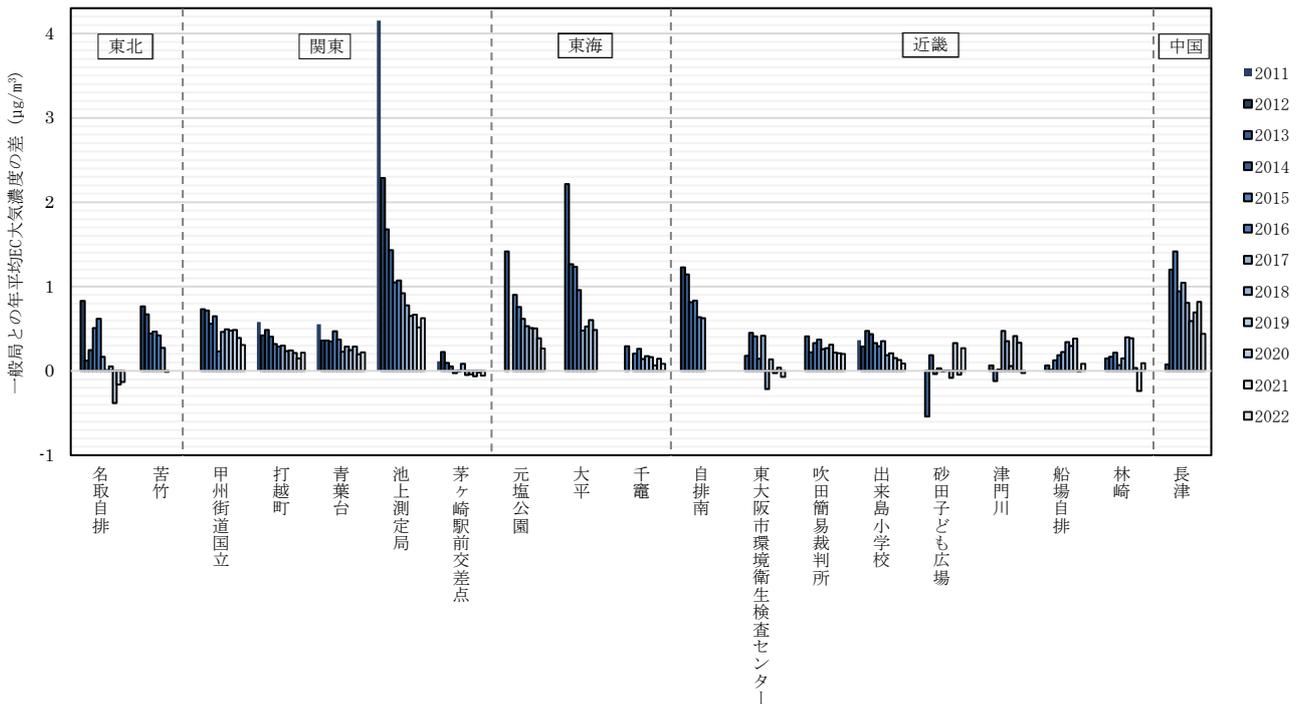


図4 自排局（全国19地点）における一般局との年平均EC大気濃度の差の経年変化（2011～2022年度）※

※自排局または比較対象の一般局において EC 大気濃度の測定を実施していない年度についてはグラフから除外した。

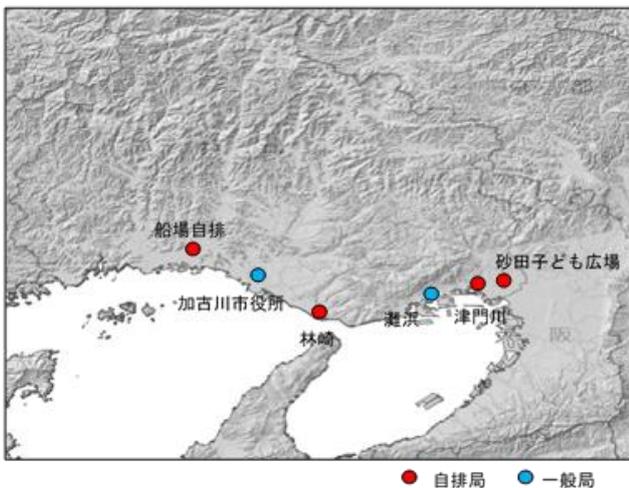


図5 兵庫県周辺の地形及び測定局の配置図

され、段階的に強化されてきた。2001年には自動車NO_x・PM法が制定され、大都市圏における車種規制が行われるとともに、各自治体が条例等により流入車規制を行ってきており、自動車NO_x・PM法対象地域における基準適合車への置き換えが進んできたことが報告されている⁹⁾。この報告によれば、対象地域内における普通貨物車の規制区分別通行台数比率は、2011年では長期規制（1997～1999年規制）・新短期規制（2002～2004年規制）・新長期規制（2005年規制）で大部分を占めていたが、その後ポスト新長期規制（2009年規制）適合車の割合が徐々に増加するとともに長期規制・新短期規制適合車の割合が減少し、2018年にはポスト新長期規制適合車の割合が全

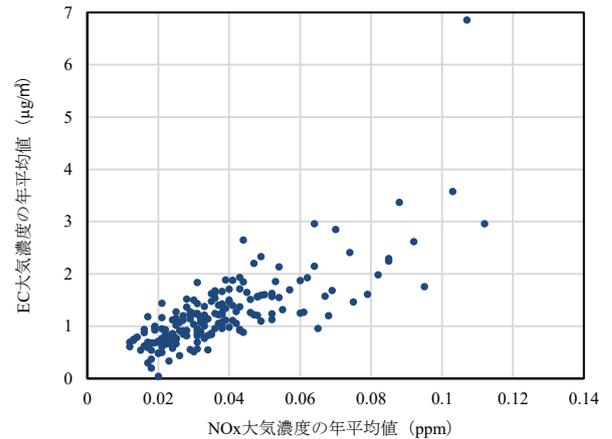


図6 自排局（全国19地点）におけるEC大気濃度及びNO_x大気濃度の年平均値の関係（2011～2022年度）

体の4割に達した。ポスト新長期規制適合車には酸化触媒やSCR (Selective Catalytic Reduction) 触媒等のNO_x触媒、DPF (Diesel Particulate Filter) が装着されており、これによりNO_xとPMの同時低減が進み、ディーゼル重量車の規制値は長期規制に比べてNO_xでは88%減、PMでは99%減、新短期規制に比べてNO_xでは85%減、PMでは97%減となっている¹⁰⁾。こうしたことから、自動車NO_x・PM法対象地域内はもとより、それ以外の地域でもポスト新長期規制適合車の走行が多くなる傾向が広がった結果、全国的に自排局のEC大気濃度がNO_x大気濃度と同様に低下したのではないかと考えられる。

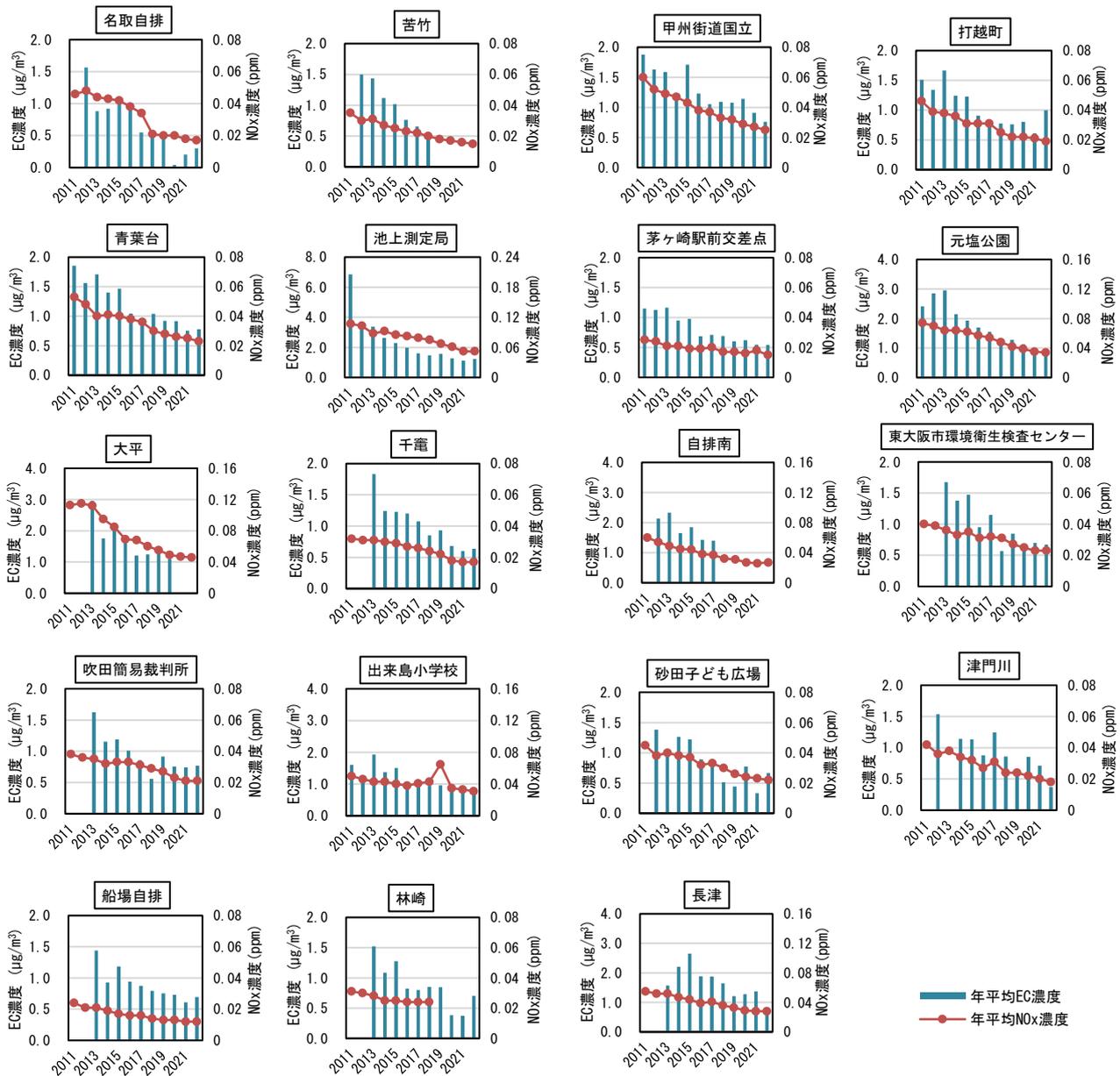


図7 自排局（全国19地点）におけるEC大気濃度及びNOx大気濃度の年平均値の推移（2011～2022年度）

4. まとめ

全国の自排局19地点について、2011～2022年度のPM_{2.5}成分分析結果を解析し、以下の知見を得た。

- 1) PM_{2.5}質量濃度は越境汚染の影響から西高東低の傾向を示すが、EC大気濃度にはその傾向が見られず、地域汚染の寄与が示唆された。
- 2) 24時間交通量の多い路線に隣接する自排局はEC大気濃度の年平均値が高い傾向にあったが、傾向が一致しない自排局もあった。これは、自排局と道路との距離や慢性的な混雑状況、一時的な高濃度傾向が影響したと考えられた。
- 3) 自排局とその近くに位置する一般局との年平均EC大気濃度の差は、近畿の一部の測定局を除き年々減少傾向であり、最大で約8割減少していた。この

ことから、自動車排出ガス由来のPM_{2.5}が年々減少してきていることが示唆された。

- 4) 自排局における2011～2022年度のNOx及びECの大気濃度の年平均値はいずれの測定局においても年々減少傾向であり、両者の間には正の相関がみられた。これは、自動車排出ガス規制や自動車NOx・PM法に伴うポスト新長期規制適合車への置き換えが寄与したと考えられた。

5. 謝辞

本報の内容は、全国の地方環境研究所と国立環境研究所によるⅡ型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」（2022～2024年度）において行われ、データ整理や解析におきま

してはPM_{2.5}長期解析グループのメンバーにご協力いただきました。また、自動車排出ガスの規制とEC・NO_x大気濃度の変化について小林伸治氏（元国立環境研究所）にご助言をいただきました。ここに感謝申し上げます。

6. 引用文献

- 1) 環境省：微小粒子状物質（PM_{2.5}）の成分分析ガイドライン，
<https://www.env.go.jp/content/900403675.pdf>
(2026.1.30アクセス)
- 2) 国土交通省：昭和44年度運輸白書，
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa44/index.html> (2026.1.30アクセス)
- 3) Makiko Yamagami, Fumikazu Ikemori, Shinji Wakamatsu, Kazuo Osada : Trends in PM_{2.5} Concentration in Nagoya, Japan, from 2003 to 2018 and Impacts of PM_{2.5} Countermeasures. *Atmosphere*, **12(5)**, 590, 2021
- 4) 国土交通省：平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査，
<https://www.mlit.go.jp/road/census/h27/>
(2026.1.30アクセス)
- 5) 国立環境研究所：環境展望台大気汚染常時監視データ，
<https://tenbou.nies.go.jp/download/>
(2026.1.30アクセス)
- 6) 国土交通省：自動車燃料消費量統計年報（2011～2022年度），
https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00600370&kikan=00600&tstat=000001051698&cycle=8&result_page=1&tclasslval=0 (2026.1.30アクセス)
- 7) 長谷川就一，寺本佳宏，武直子：全国常時監視データの解析によるPM_{2.5}の経年推移と地域の特徴，*全国環境研会誌*，**45(2)**，22-28，2020
- 8) 梶田奈穂子，中島亜矢子，池田光広，山本真緒，中坪良平，寺本佳宏，山神真紀子，牧野雅英，木戸瑞佳，花岡良信，武田麻由子，熊谷貴美代，遠藤昌樹，佐久間隆，長谷川就一，菅田誠治：2015年7，8月におけるPM_{2.5}高濃度事例の解析，第57回大気環境学会年会講演要旨集，204，2016
- 9) 環境省：自動車排出ガス総合対策小委員会（第12回）議事次第・配布資料，
https://www.env.go.jp/council/07air-noise/12_4.html (2026.1.30アクセス)
- 10) 国土交通省：新車に対する排出ガス規制について，
https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000002.html (2026.1.30アクセス)