

## 2020年における京都府の大気汚染物質濃度の過去5年間との比較

高倉 尚枝 木崎 利 安田 知生 上田 郁夫 柳澤 匡寛 原口 健司 近藤 博文

Comparison of Air Pollutant Concentrations in Kyoto Prefecture between 2020 and the Past Five Years

Naoe TAKAKURA Toru KIZAKI Tomoo YASUDA Ikuo UEDA  
Masahiro YANAGISAWA Kenji HARAGUCHI Hirofumi KONDOH

新型コロナウイルス (COVID-19) 感染拡大による社会経済活動の変化が2020年の京都府の大気環境に与えた影響を調査することを目的として、府内15地点における窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)、光化学オキシダント (O<sub>x</sub>)、微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の測定結果を一般環境大気測定局と自動車排出ガス測定局にわけ2015-2019年と比較した。2015-2019年にNO<sub>x</sub>とPM<sub>2.5</sub>は減少傾向にあり、減少幅は、NO<sub>x</sub>が一般環境大気測定局で0-0.6ppb (v/v)/年、自動車排出ガス測定局で2-4 ppb (v/v)/年、PM<sub>2.5</sub>は、0-0.9 μg/m<sup>3</sup>/年であった。2019年から2020年の減少幅は、NO<sub>x</sub>が一般環境大気測定局で0-1.1ppb (v/v)、自動車排出ガス測定局で2 ppb (v/v) と過去5年間と比較し同程度であったが、PM<sub>2.5</sub>は、1.5-2.1 μg/m<sup>3</sup>と過去5年間と比較して減少幅は大きくなっていった。O<sub>x</sub>は、2015-2020年にかけて、すべての局ではほぼ横ばいであった。月別で見ると、2020年は1-2月の自動車排出ガス測定局のNO<sub>x</sub>、5月のO<sub>x</sub>、1-5月のPM<sub>2.5</sub>が過去5年間と比べて低値であった。1-2月の自動車排出ガス測定局のNO<sub>x</sub>の低下は、記録的な暖冬など気象条件が影響したものと推測された。5月のO<sub>x</sub>の低下については、北部 (5地点) の方が南部 (7地点) より平均濃度や高濃度出現時間数が低下しており、越境大気汚染による影響の減少の可能性があるかと推測された。1-5月のPM<sub>2.5</sub>の低下についても、その成分分析の結果などから大陸からの越境大気汚染による影響が減少したことが主な要因と考えられたが、1月については中国でCOVID-19によるロックダウンが本格的に始まる前であり、北半球の記録的な暖冬という気象条件の影響も受けているものと考えられた。2020年1-5月のO<sub>x</sub>やPM<sub>2.5</sub>の低下については、越境大気汚染の影響の減少が主な要因であると推測されるが、それらがCOVID-19による社会経済活動への影響によるものかを確認するには、今後も継続して観測を行い検討する必要があると考えられる。

キーワード：微小粒子状物質、光化学オキシダント、窒素酸化物、越境大気汚染、新型コロナウイルス

Keywords : Fine particulate matter, Photochemical oxidant, Nitrogen oxide, Trans-boundary air pollution, Novel coronavirus disease 2019

## はじめに

2020年1月から4月にかけて、中国では新型コロナウイルス (COVID-19) の影響により都市のロックダウンや工場の停止が実施され (<https://www.bbc.com/japanese/features-and-analysis-52217073>)、中国生態環境省によると、微小粒子状物質 (以下「PM<sub>2.5</sub>」という。) が2020年は337都市で平均8.3%減少していた。 (<https://jp.reuters.com/article/china-pollution-idJPKBN29K0FC>)。また、長崎県福江島では、2020年春季は、PM<sub>2.5</sub>や光化学オキシダント (以下「O<sub>x</sub>」という。) が例年より低下していたことが報告されており、中国から日本への越境輸送される大気汚染物質の濃度が減少していた可能性が示唆されている<sup>1)</sup>。また、日本国内においては、2020年4月から5月にかけて緊急事態宣言が発出され、商業施設等の休業や外出の自粛等の措置が実施された。これら、越境輸送される大気汚染物質の濃度減少や、商業施設等の休業や外出の自粛により京都府の大気環境にもなんらかの影響を及ぼしていると考えられる。そこで本報では、2020年 (1-12月) と過去5年 (2015-2019年) との窒素酸化物 (以下「NO<sub>x</sub>」

という。)、O<sub>x</sub>及びPM<sub>2.5</sub>の比較を行い、COVID-19による社会経済活動の変化が京都府の大気環境に及ぼした影響について検討を行ったので報告する。

## 調査方法

## 1. 調査地点及び調査期間

京都府の大気常時監視地点のうちNO<sub>x</sub>、O<sub>x</sub>及びPM<sub>2.5</sub>をすべて測定している15地点を解析対象とした (図1及び表1)。調査期間は、2015年1月1日-2020年12月31日とした。京都府は、南北に長い地形で人口は南部地域に集中しており、南部地域は都市大気汚染の影響が比較的大きく、北部地域は日本海を北に臨み、南部地域に比べて越境大気汚染の影響を受けやすいため<sup>2)</sup>、一般環境大気測定局を南部 (7地点)、中部 (2地点)、北部 (5地点) にわけ、自動車排出ガス測定局 (南部1地点。以下「自排局」という。) を加えて、それぞれの区分に含まれるすべての局の平均値を算出し解析を行った。南部、中部、北部及び自排局の区別は表1のとおりである。PM<sub>2.5</sub>成分分析は久御山局で採取を行った。

## 2. 測定方法

調査地点の経度、緯度及び区分は表1のとおりである。各

(令和4年1月5日受理)

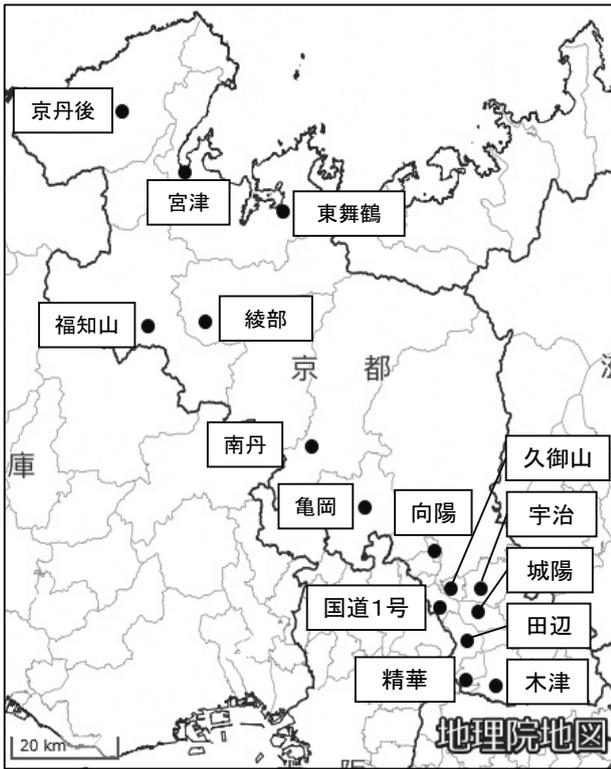


図1. 調査地点図

表1. 調査地点の緯度、経度及び区分

測定局名※1	緯度	経度	区分
向陽	N34° 56'49"	E135° 42'15"	南部
久御山	N34° 53'15"	E135° 44'13"	南部
宇治	N34° 53'16"	E135° 47'52"	南部
城陽	N34° 51'11"	E135° 47'24"	南部
田辺	N34° 48'23"	E135° 46'09"	南部
精華	N34° 44'45"	E135° 45'56"	南部
木津	N34° 44'16"	E135° 49'35"	南部
亀岡	N35° 00'55"	E135° 33'48"	中部
南丹	N35° 06'30"	E135° 27'19"	中部
綾部	N35° 18'09"	E135° 14'32"	北部
福知山	N35° 17'45"	E135° 07'36"	北部
東舞鶴	N35° 28'22"	E135° 23'57"	北部
宮津	N35° 31'56"	E135° 11'57"	北部
京丹後	N35° 37'35"	E135° 04'27"	北部
国道1号◎	N34° 51'33"	E135° 42'53"	自排

※1:◎印を付した局は自動車排出ガス測定局、他は一般環境測定局

り抜き、熱分離・光学補正法のIMPROVEプロトコル (DRI製Model2001A) により測定した。無機元素成分はPTFEろ紙をマイクロウェーブで酸分解した後、ICP-MS法 (Agilent製7900ICP-MS) により測定した。

## 結果と考察

種測定結果は京都府大気常時監視テレメータシステムにより収集した値 (1時間値、日平均値及び月平均値) を用いた。統計計算はMicrosoft Excel 2019及び株式会社社会情報サービス製BellCurveエクセル統計を使用した。なお、Oxの平均値については、全日平均値を用いた。

PM<sub>2.5</sub>成分分析については、「大気中微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 成分測定マニュアル」(環境省, 2019.) に基づき行った。サンプリングは、PM<sub>2.5</sub>用ローボリウムサンプラ (Thermo Fisher Scientific製Model2025D) 2台を使用した。イオン成分は、石英ろ紙を超純水で超音波抽出し、ろ過後、イオンクロマトグラフ法 (Thermo Fisher Scientific製ICS-5000) により測定した。炭素成分は、石英ろ紙の一定量をパンチでく

### 1. NOx

#### 1-1. 年平均値及び月平均値

図2(1)にNOxの年平均値の推移を示す。府内全域でNOxは2015年から2019年にかけて減少しており、減少幅は、南部は0-0.6ppb(v/v)/年、中部は0-0.5ppb(v/v)/年、北部は0.2-0.4ppb(v/v)/年、自排局は2-4ppb(v/v)/年であった。2019年から2020年の減少幅は、南部は1.1ppb(v/v)、中部は増減なし、北部は0.8ppb(v/v)、自排局は2ppb(v/v) であり、2015-2019年までと同程度であった。

図3(1)に2015-2019年の月平均値の推移 (箱ひげ) と2020年の月平均値の推移 (折線) を示す。府内全域において、

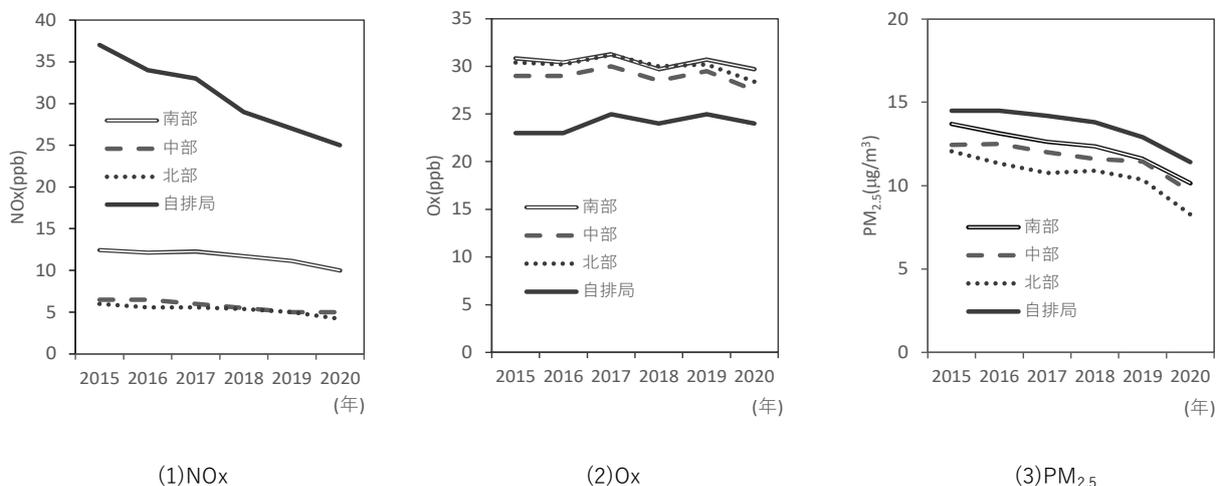
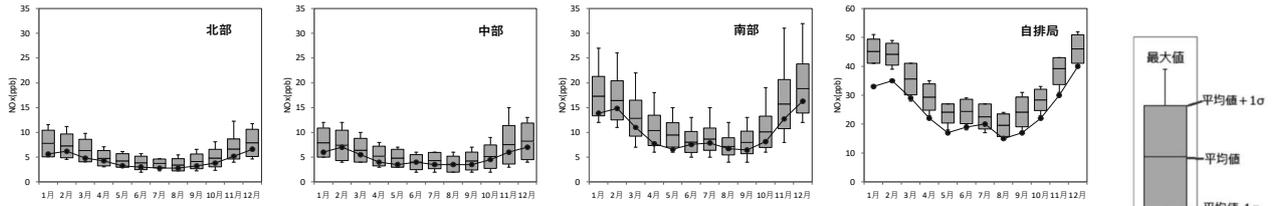
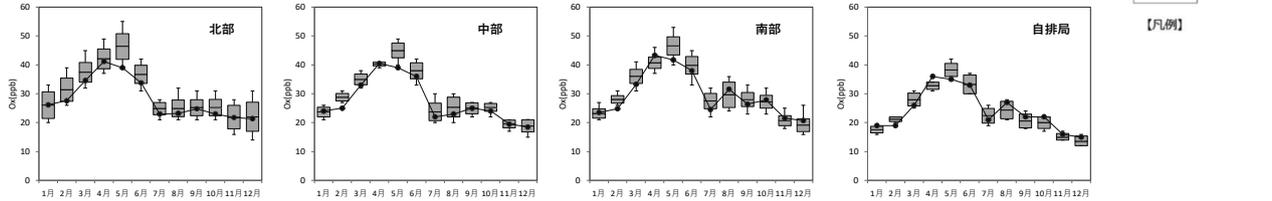


図2. 2015年から2020年にかけての地域別及び項目別の年平均値の推移  
(1)窒素酸化物 (NOx)、(2)光化学オキシダント (Ox)、(3)微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>)

(1)NOx



(2)Ox



(3)PM<sub>2.5</sub>

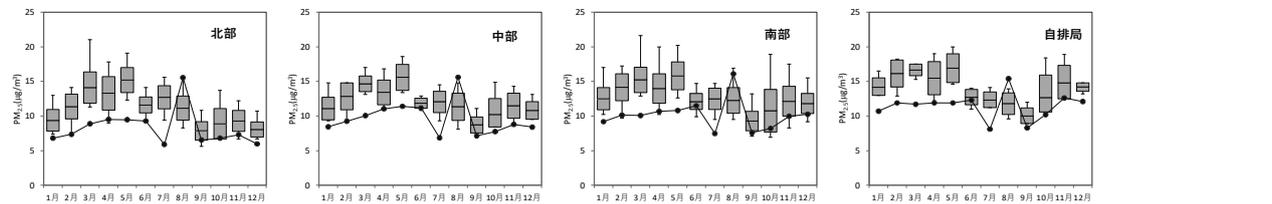


図3. 地域別のNOx、Ox及びPM<sub>2.5</sub>の月平均値の推移  
 注) 箱ひげ図は2015-2019年の局別の月平均値の推移を、折線は2020年の月平均値を示す

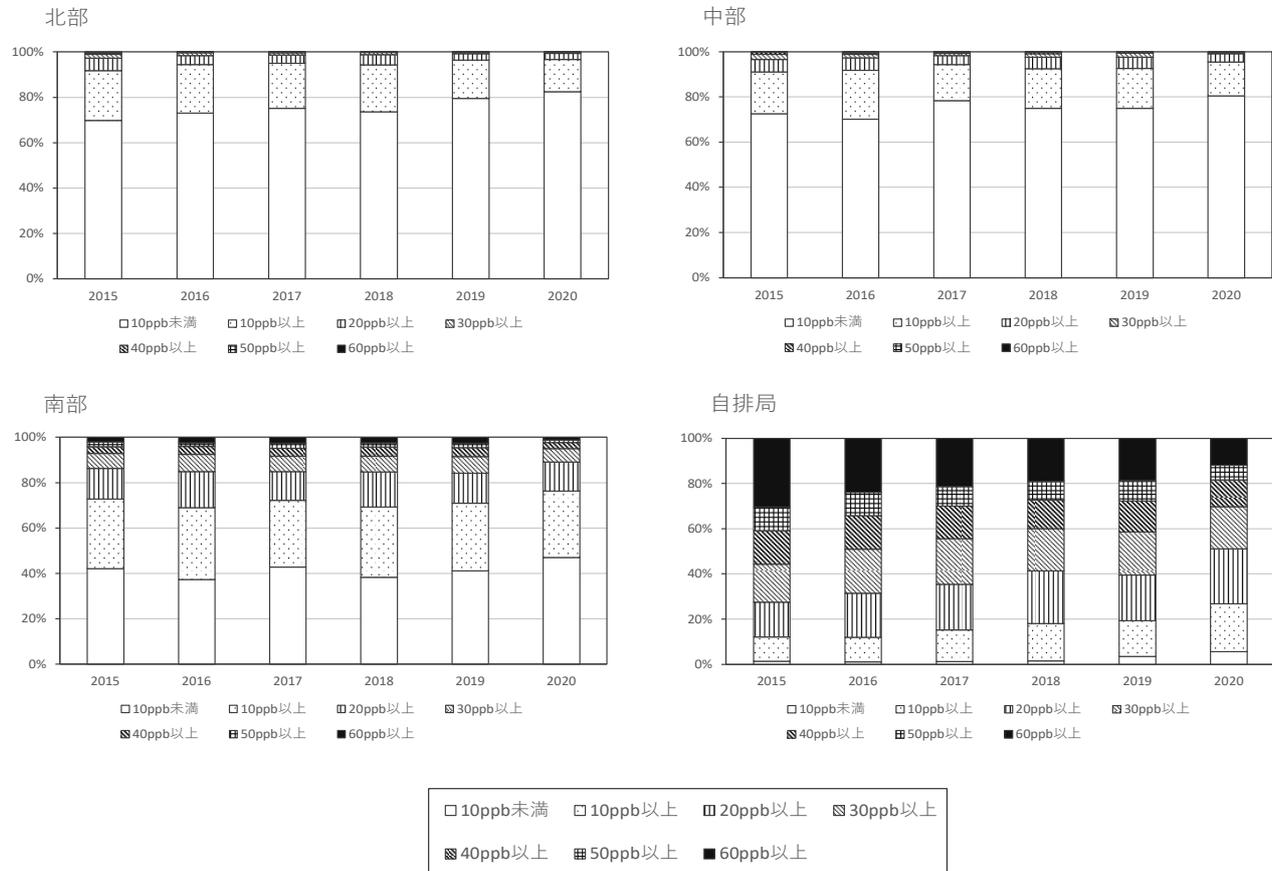


図4. 2015-2020年にかけての1-2月におけるNOxの1時間値の地域別及び濃度別の出現率の推移

NO<sub>x</sub>は寒候期に高く暖候期に低くなる傾向がみられた。2020年は、2015-2019年に比べ全体的に低く、2015-2019年からの減少傾向が継続したものと考えられる。しかし、2020年の自排局の1-2月の月平均値は、2015-2019年の平均値より20%以上減少し、2015-2019年の月平均値の最小値も下回っていた。

### 1-2. 2020年1-2月のNO<sub>x</sub>について

2020年1-2月のNO<sub>x</sub>については、自排局で1-2月に特に低くなっており、他の地域でも若干低い傾向がみられた。各地域の年ごとの1-2月の1時間値(延べ時間)の10ppb(v/v)毎の濃度別階級の出現率を図4に示す。2015-2019年と比べると中部・北部は、もともとの濃度が低く顕著な変化はみられなかった。南部と自排局について40ppb(v/v)以上の高濃度の出現率を見ると、南部は2015-2019年は7.2-8.5%でほぼ横ばい推移していたが2019年から2020年は8.5%から5.0%と3.5%低下した。自排局は2015年の56%から2019年の41%と1年あたり4%程度減少であったが、2019年から2020年は41%から30%と11%低下した。2019年に対する2019年から2020年の減少率は、南部は41%、自排局は27%となり、高濃度の出現率の減少は、一般局である南部の方が自排局より顕著であった。

以上のことから、NO<sub>x</sub>濃度低下の主な要因が、自動車からの排出量の減少によるものではないと考えられた。また、2020年1-3月には、長崎県福江島におけるPM<sub>2.5</sub>中の硝酸塩の大幅な減少が観測されており<sup>1)</sup>、化学輸送モデルによる解析では、記録的な暖冬という気象条件の影響が主たる要因という結果が報告されている<sup>3)</sup>。京都府においても2020年1-2月の平均気温は平年値に対して、京都で1.8-2.9℃の増加、舞鶴で2.0-3.3℃の増加と平年よりかなり高かったことから<sup>4)</sup>、放射冷却による気温逆転層が形成されにくい気象条件であったため、1-2月のNO<sub>x</sub>が低値となったと考えられた。

## 2. O<sub>x</sub>

### 2-1. 年平均値及び月平均値

図2(2)にO<sub>x</sub>の年平均値の推移を示す。府内全域で2015-2019年は、ほぼ横ばいで推移しており、南部は29.7-31.3ppb(v/v)、中部は28.5-30.0ppb(v/v)、北部は30.2-31.2ppb(v/v)、自排局は23-25ppb(v/v)の範囲で変動していた。2020年は、南部は29.7ppb(v/v)、中部は27.5ppb(v/v)、北部は28.4ppb(v/v)、自排局は24ppb(v/v)であり、北部が若干低い、ほぼ2015-2019年と同程度の値であった。

図3(2)に2015-2019年の月平均値(箱ひげ)の推移と2020年の月平均値(折線)の推移を示す。府内全域においてO<sub>x</sub>は5月に最も高く12月に低くなる傾向がみられた。2020年を2015-2019年と比較すると、府内全域において1-6月はやや低く7月以降はほぼ同程度であった。特に5月は、2020年は2015-2019年の平均値と比較し北部と中部は約15%、南部と自排局では約10%の減少がみられ、2015-2019年の月平均値の最小値と同程度となった。

### 2-2. 2020年5月のO<sub>x</sub>について

2020年5月のO<sub>x</sub>については、2020年の1-6月は府内全域で若干低い傾向がみられ、特に5月は、府内全域において2015-2019年に比べて低い傾向がみられた。5月について、月平均値の5年平均値(2015-2019年の月平均値の平均)からの差分を図5に示す。2020年の5年平均値に対する差分は、南部は-4.9ppb(v/v)、中部は-6.0ppb(v/v)、北部は-7.4ppb(v/v)、自排局は-3ppb(v/v)となり北部が最も大きく、次いで中部、南部、自排局となった。

また、同月の80ppb(v/v)以上の高濃度の出現時間数(局平均値)は、2015-2019年は、南部は31-75時間、中部は16-60時間、北部は、11-65時間、自排局は16-35時間であったが、2020年は南部は12時間、中部は4時間、北部は1時間、自排局は出現しなかった。地域別の高濃度の出現時間数の減少率は、南部は80%、中部は90%、北部は97%となり月平均値と同様に、北部が最も大きく、次いで中部、南部となった。

西日本のO<sub>x</sub>は、越境大気汚染の影響が大きく、特に春季は、

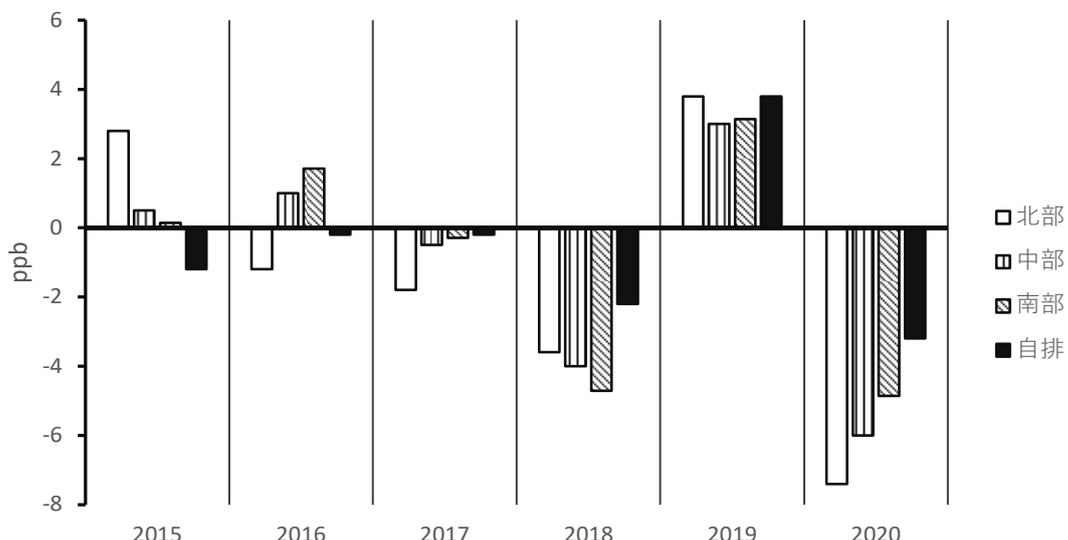


図5. 地域別の5月におけるO<sub>x</sub>月平均値の2015-2019年平均値に対する各年(2015-2020年)の差分

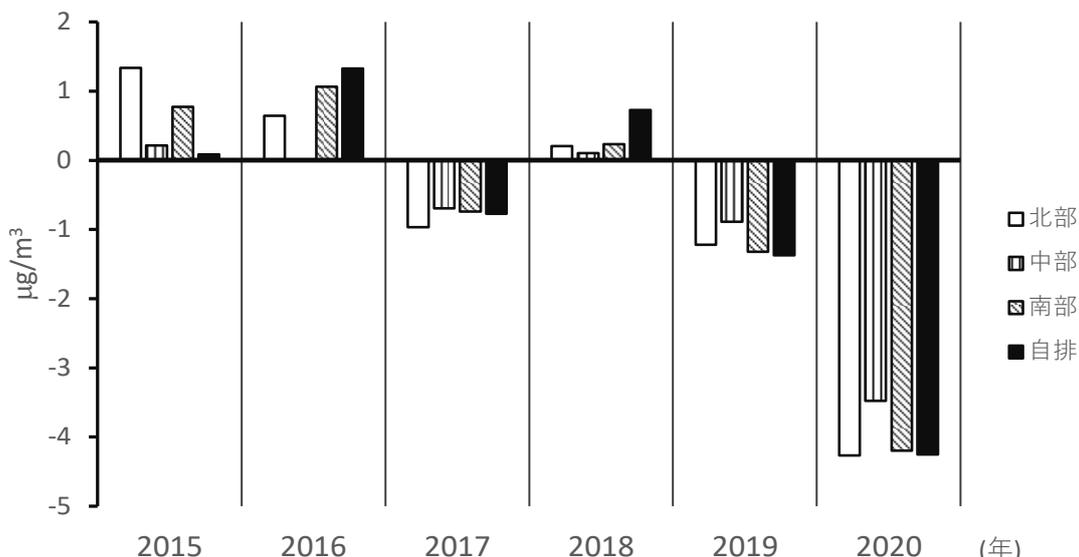


図6. 地域別の1-5月におけるPM<sub>2.5</sub>期間内平均値の2015-2019年平均値に対する各年(2015-2020年)の差分

中国大陸等国外の発生源の寄与が国内発生源を上回っていると考えられている<sup>5)</sup>。北部地域はローカルな発生源や国内大都市域からの移流の影響が少なく、越境大気汚染の影響が大きいと考えられることから、2020年5月に観測されたOxの減少は越境大気汚染の影響の減少による可能性があると推測された。

### 3. PM<sub>2.5</sub>

#### 3-1. 年平均値及び月平均値

図2(3)にPM<sub>2.5</sub>の年平均値の推移を示す。PM<sub>2.5</sub>は、NOxと同様府内全域で2015-2019年にかけて減少しており、減少幅は、南部は0.3-0.7 µg/m<sup>3</sup>/年、中部は0-0.5 µg/m<sup>3</sup>/年、北部は0.5-0.7 µg/m<sup>3</sup>/年、自排局は0-0.9 µg/m<sup>3</sup>/年であった。なお、2017-2018年の北部のみ0.1 µg/m<sup>3</sup>増加がみられた。2019年から2020年の減少幅は、南部は1.5 µg/m<sup>3</sup>、中部は1.8 µg/m<sup>3</sup>、北部は2.1 µg/m<sup>3</sup>、自排局は1.5 µg/m<sup>3</sup>であり、過去5年間と比較すると減少幅が大きかった。

図3(3)に2015-2019年の月平均値の推移と2020年の月平均値の推移を示す。PM<sub>2.5</sub>の年内変動の傾向は他の項目ほど明確ではないが、府内全域で5月に高く9月に低くなる傾向がみられた。また、北部は12月も低い傾向がみられた。2020年を2015-2019年と比較すると、1-5月は、府内全域で過去の月平均値の最小値と同程度又は下回った。

#### 3-2. PM<sub>2.5</sub>質量濃度について

PM<sub>2.5</sub>については、2020年の1-5月は2015-2019年と比較すると全体的に低い値で推移しており、北部でその傾向が顕著であった(図3)。また、7月も低い傾向がみられたが、7月の京都と舞鶴の降水量は平年値のそれぞれ250%、173%、また、日照時間は平年値のそれぞれ45%、42%であった。また、降水量が10mm以上の日数は、過去5年が両地点とも4-8日であったのがそれぞれ14日、11日<sup>4)</sup>となっており、7月の低濃度は多雨の影響によるものと推測された。

1-5月の期間内平均値の5年平均値(2015-2019年の期間内平均値の平均)からの差分を図6に示す。2020年の5年平均値に対する差分は、北部は-4.3 µg/m<sup>3</sup>、中部は-3.5 µg/m<sup>3</sup>、南部は-4.2 µg/m<sup>3</sup>、自排局は-4.3 µg/m<sup>3</sup>で北部、南部及び自排局が同程度、中部がやや少なくなっていた。

木崎ら<sup>6)</sup>によると、2020年1月から6月は、過去5年と比較すると、京都府北部の測定局である京丹後局において、3.5 µg/m<sup>3</sup>以下の低濃度域の出現頻度が大幅に増加しており、越境輸送される大気汚染物質の濃度が減少していた可能性が示されている。南部や自排局は、北部に比べて越境大気汚染の影響の割合が少ないにもかかわらず北部と同程度減少がみられることから、都市部における大気汚染物質の影響の減少もあったと推測される。また、8月のみ過去5年と比較して全域で高い値になっていることについては、2020年8月上旬に、小笠原諸島西之島において発生した大規模な火山噴煙が日本列島に流れ込んだ可能性が指摘されており<sup>7)</sup>、その影響を受けたものと推定される。

#### 3-3. PM<sub>2.5</sub>成分分析結果

久御山局において2020年1月16-30日及び5月14-28日に実施したPM<sub>2.5</sub>成分分析の結果を図7に示す。1月は、過去5年間の同時期の平均値と比べて主成分である硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)が37%、硝酸イオン(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)が10%、有機炭素(OC)が9%、アンモニウムイオン(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)が25%、5月は主成分であるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が40%、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が19%、OCが30%、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>が39%とそれぞれ減少しており、この期間の久御山局における質量濃度の減少の主な原因は硫酸アンモニウムの減少によるものと考えられた。

硫酸アンモニウムが減少する主な要因のひとつとして、越境大気汚染の影響の減少が考えられた。しかし、中国でCOVID-19によるロックダウンが本格的に始まったのは2020年2月以降であり、1月における硫酸アンモニウムの減少が中国における排出量の減少によるものかは不明である。2020

(1)2020年1月

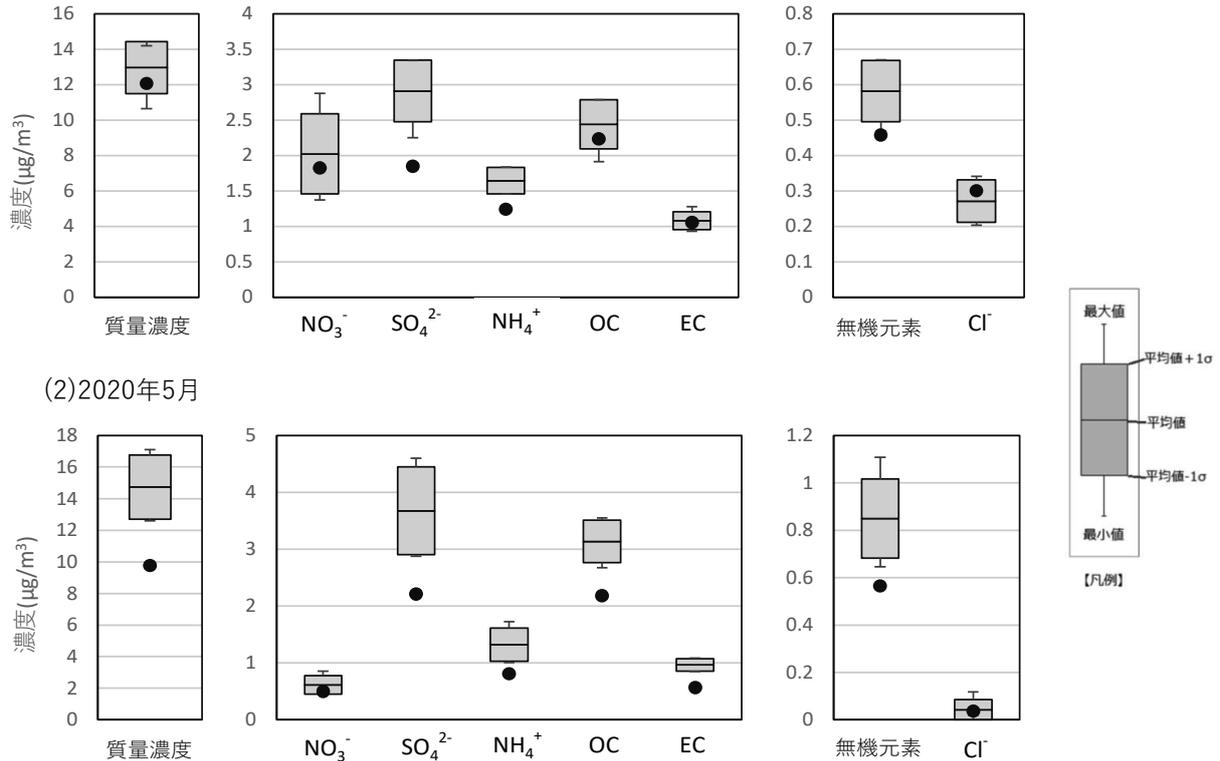


図7. 2020年1月の久御山局PM<sub>2.5</sub>成分分析結果（主な成分）

注）箱ひげ図は2015-2019年の期間内平均値を、折線は2020年の期間内平均値を示す。

年1月は北半球中緯度域で全体的に対流圏の気温が著しく高く、偏西風が北へ蛇行するなど平年とは異なる気象条件であったこと（<https://www.jma.go.jp/jma/press/2004/14b/kentoukai20200414.html>）や、硫酸アンモニウムは火力発電所、工場・事業場や船舶、火山等から排出される二酸化硫黄が大気中で反応して生成することから他の要因が影響した可能性も考えられる。

引用文献

- 1) 吉野彩子, 高見昭憲. 2020. 長崎福江島における大気質観測 - COVID-19による越境大気汚染への影響. 大気環境学会誌, 55(6), 248-255.
- 2) 高倉尚枝, 谷口延子, 平澤幸代, 辻明博, 日置正, 藤波直人. 2011. 丹後地域におけるSO<sub>2</sub>,SPM高濃度事例の検討. 京都府保健環境研究所年報, 56, 65-71.
- 3) 板橋秀一, 王哲, 弓本桂也, 鵜野伊津志. 2020. COVID-19に対する中国のロックダウン期間におけるPM<sub>2.5</sub>越境輸送の変容. 大気環境学会誌, 55(6), 239-247.
- 4) 京都地方気象台. 2021. 京都府の気象2020年（令和2年）年報.
- 5) 電力中央研究所. 2012. わが国の光化学オキシダントに対する国内外発生源寄与の解析.
- 6) 木崎利, 高倉尚枝, 近藤博文. 2021. 京都府における微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）質量濃度. 全国環境研会誌, 46(4), 36-39.
- 7) 中込和徳, 町田哲, 掛川英男. 2021. 2020年8月上旬のPM<sub>2.5</sub>広域高濃度事象における長野県内の汚染状況. 全国環境研会誌, 46(2), 22-27.