

香川県における PM_{2.5} 大気環境調査について (VIII)Analysis of airborne PM_{2.5} in Kagawa Prefecture (VIII)

本田 雄一 勝間 孝 大島 千尋 佐々木 一貴*
 Yuichi HONDA Takashi KATSUMA Chihiro OSHIMA Kazuki SASAKI

要 旨

PM_{2.5}質量濃度は全国的に低下傾向にあり、本県においても2019年度以降、全ての自動測定局で環境基準を達成するようになった。PM_{2.5}成分の調査では、硫酸イオンとバナジウム の低下が見られ、石炭や重油燃焼の低下が示唆された。これは、コロナウイルスのパンデミックにより物流が低下したことや、国内、近隣国において実施されている環境改善の効果によるものと考えられる。

コロナ禍以降、経済活動の回復とともに、観音寺市においては濃度上昇が見られているが、大気環境の改善傾向は今後も続くと考えられるので、PM_{2.5}質量濃度のモニタリングについては代表地点を絞って継続し、あわせて、高濃度化した際に利用できる実用的なPM_{2.5}の防護や濃度低減技術の開発が必要である。

Abstract

PM_{2.5} concentrations are declining nationwide, and air quality in Kagawa prefecture has met environmental standards at all automatic monitoring stations since 2019. An investigation of PM_{2.5} composition showed a decrease in sulfate ions and Vanadium, suggesting a decline in the use of coal and fuel oil. This may be due to the slowdown of logistics caused by the COVID-19 pandemic and environmental improvements being implemented in Japan and neighboring countries.

In Kan-onji City, PM_{2.5} concentrations are rising with the recovery of economic activity after the COVID-19 pandemic, but the trend of improving air quality is expected to continue from now on. Continuous PM_{2.5} monitoring of select areas in Kagawa Prefecture and, in case of increased PM_{2.5} concentration, development of practical technology to reduce atmospheric levels and protect against PM_{2.5} is necessary.

キーワード：PM_{2.5} 成分分析 イオン 無機元素 新型コロナウイルス感染症

I はじめに

近年、PM_{2.5}質量濃度は全国的に低下傾向にあり、特に2020年初頭からの新型コロナウイルス感染症によるパンデミック(以下「コロナ禍」という。)によって世界的に経済活動が低下し¹⁾²⁾、これによって大気汚染レベルの大幅な低下が認められており³⁾⁴⁾、本県の常時監視システムによる測定結果も同様な傾向となっている。

また、香川県では2012年度から観音寺市役所(以下「観音寺」という。)と香川県農業試験場まんのう試験地(以下「まんのう」という。)の2地点の調査を実施してきたが、まんのうについては2021年度末で調査を終了し、2022年度からは、坂出市教育会館(以下「坂出」という。)において調査を実施しており、2年間の詳細な成分分析結果が得られた。

今回は、こうした経済的な背景による近年のPM_{2.5}質量濃度推移の特徴と、観音寺、まんのう、坂出で実施した詳細な成分調査の結果について報告する。

II 方法

1 PM_{2.5}質量濃度自動測定局と、PM_{2.5}成分調査用検体の採取地点と採取方法

PM_{2.5}常時監視測定局の位置と、詳細な成分分析(以下「詳細調査」という。)を実施した検体の採取地点を図1に、詳細調査の試料採取期間を表1に示す。

観音寺については期間の全般を通して同一地点で採取し、まんのうは2021年度末まで、それ以降は坂出で採取している。

自動測定局の位置は①から⑫に示す12地点で、詳細調査用の試料採取地点はA～Cで示す3地点である。

* 香川県環境森林部循環型社会推進課

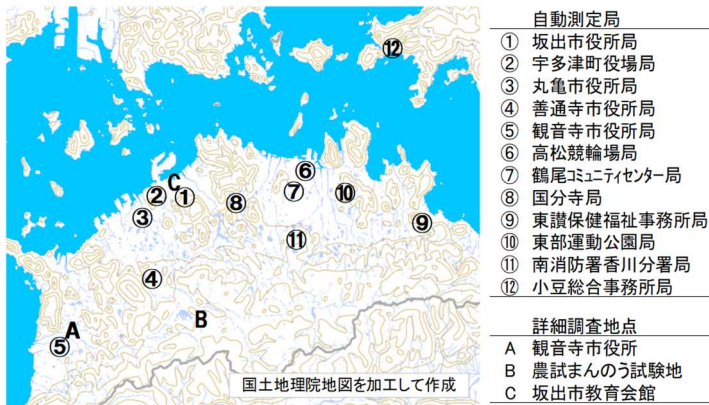


図1 PM_{2.5}常時監視測定局と成分調査試料採取地点

詳細調査用試料の採取装置は、2016年度から2020年度は Thermo Scientific 2025 と Thermo Scientific 2025i を、2021年度以降はムラタ製作所 スリットジェットエアサンプラ MCAS-SJ-A1 を使用した。質量濃度と無記元素測定用には PTFE 製フィルタ (47 mm φ) を用い、イオン、炭素成分分析用には石英製フィルタ (47 mm φ) を用いた。

採取期間は表1のとおり各季節で2週間とし、それぞれ吸引流量 16.7L/min で毎日0時から24時間採取した。

2 分析方法

分析は環境省で定める方法⁵⁾に従い、質量濃度はフィルタ捕集-質量法(標準測定法)、イオン成分はイオンクロマトグラフ法(DIONEX ICS-1000)、炭素成分はサーマルオプティカル・リフレクタンス法(DRI Model 2001A)により測定した。金属成分は熱分解/ICP-MS法(Agilent 7500cx)によりそれぞれ実施した。

III 結果及び考察

1 自動測定局によるPM_{2.5}質量濃度の測定結果

2016年度以降の各自動測定局における環境基準超過状況を表2に示す。

環境基準のうち1年平均値の環境基準(15 μg/m³)については、2019年度以降は全地点で達成しており、日平均値が35 μg/m³を超えた日数についても、2019年以降はほとんど見られなくなり、短期基準(98%タイル値)については2019年度以降、基準を達成している。

図2に各測定局の2016年度から2023年度までの質量濃度の月平均値を示す。

コロナ禍による世界的な経済活動の低下があった2020年ごろまでは全国の傾向と同じく、全地点で質量濃度は低下した。なお、2020年8月の特徴的な高濃度ピークは、

表1 詳細調査用試料の採取期間

2016 春	5/6 ~ 5/19	2020 春	5/13 ~ 5/26
夏	7/21 ~ 8/3	夏	7/23 ~ 8/5
秋	10/20 ~ 11/2	秋	10/22 ~ 11/4
冬	1/19 ~ 2/1	冬	1/21 ~ 2/3
2017 春	5/10 ~ 5/23	2021 春	5/13 ~ 5/26
夏	7/20 ~ 8/2	夏	7/22 ~ 8/4
秋	10/19 ~ 11/1	秋	10/21 ~ 11/3
冬	1/18 ~ 1/31	冬	1/20 ~ 2/2
2018 春	5/9 ~ 5/22	2022 春	5/12 ~ 5/25
夏	7/19 ~ 8/1	夏	7/21 ~ 8/3
秋	10/18 ~ 10/31	秋	10/20 ~ 11/2
冬	1/17 ~ 1/30	冬	1/19 ~ 2/1
2019 春	5/8 ~ 5/21	2023 春	5/11 ~ 5/24
夏	7/18 ~ 7/31	夏	7/20 ~ 8/2
秋	10/17 ~ 10/30	秋	10/19 ~ 11/1
冬	1/16 ~ 1/29	冬	1/18 ~ 1/31

※ 農試まんのう試験地は2016~2021年度まで
坂出市教育会館は2022~2023年度

表2 PM_{2.5}の環境基準超過の状況

測定局	年度	(単位: μg/m ³)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
坂出市役所局	年平均値	13.4	12.8	11.9	10.6	9.8	8.4	9.5	9.6
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
宇多津町役場局	年平均値	13.1	12.9	12.7	11.5	10.5	10.0	10.7	10.1
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
丸亀市役所局	年平均値	16.8	15.8	14.6	13.3	12.2	8.0	8.8	9.1
	超過日数※	1	5	5	0	0	0	0	0
普通寺市役所局	年平均値	15.6	15.1	14.3	13.2	12.6	11.2	11.3	10.3
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
観音寺市役所局	年平均値	17.5	17.3	17.1	13.2	11.3	10.4	11.9	11.8
	超過日数※	5	12	5	0	0	0	0	0
高松競輪場局	年平均値	15.1	15.0	14.0	11.9	11.4	9.4	10.5	10.0
	超過日数※	0	4	2	0	0	0	0	0
鶴尾コミュニティセンター局	年平均値	13.9	14.2	13.0	9.5	9.3	8.3	7.2	6.3
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
国分寺局	年平均値	13.9	14.3	13.0	9.6	9.1	8.1	8.4	8.0
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
東讃保健福祉事務所局	年平均値	11.7	11.9	11.4	9.7	9.3	8.8	9.5	9.0
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
東部運動公園局	年平均値	12.0	12.5	11.5	8.1	8.4	7.5	8.0	8.0
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
南消防署香川分署局	年平均値	12.1	12.9	12.4	8.9	9.1	8.0	8.6	8.0
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0
小豆総合事務所局	年平均値	9.2	10.2	9.3	7.9	7.5	6.7	7.4	6.8
	超過日数※	0	0	0	0	0	0	0	0

※ 環境基準の短期基準における日平均値が35 μg/m³を超えた日数

西之島の噴火による影響⁶⁾と考えられている。

測定局ごとの質量濃度推移の傾向は、観音寺市役所局が高めに、小豆総合事務所局は低く推移しているが、質量濃度の変動は同じ挙動を示しており、これは、各地点での二次生成の進み方や地形的な影響による濃縮の差はあるが、一次粒子や二次生成の原因となる成分の起源は概ね同じである可能性が示唆される。

表3に2016年4月から2020年3月までをコロナ禍以前、2020年4月から2024年3月までをコロナ禍以降として、自動測定局ごとの平均濃度と濃度変動のトレンド(期間中の濃度変化: μg/m³/年)を示す。

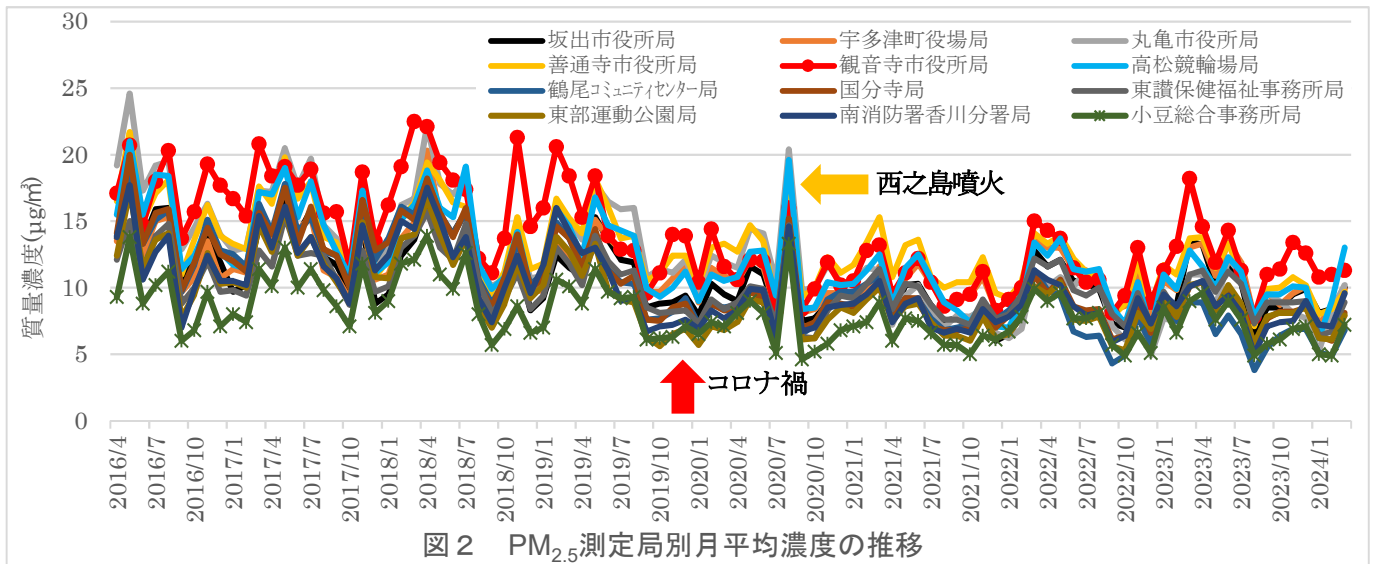


表3 コロナ禍前後の各測定局の平均濃度と濃度変動

コロナ	坂出市役所局	宇多津町役場局	丸亀市役所局	善通寺市役所局	観音寺市役所局	高松競輪場局	鶴尾コミュニティセンター局	国分寺局	東讃保健福祉事務所局	東部運動公園局	南消防署香川分署局	小豆総合事務所局
期間平均	前 12.4	12.7	15.3	14.7	16.5	14.2	13.0	13.0	11.4	11.3	11.8	9.3
(µg/m³)	後 9.3	10.3	9.6	11.4	11.4	10.3	7.8	8.4	9.1	7.9	8.4	7.1
トレンド	前 -0.092	-0.049	-0.12	-0.078	-0.092	-0.094	-0.11	-0.11	-0.054	-0.099	-0.073	-0.041
	後 -0.004	-0.012	-0.079	-0.057	0.016	-0.026	-0.067	-0.019	-0.002	0.002	-0.011	-0.013

※トレンド：期間中の濃度変動：µg/m³/年

コロナ禍以前では、多くの測定局で1年平均値の環境基準(15µg/m³)相当の濃度が検出されていたが、年間0.6~1.5µg/m³程度と高い割合で濃度が低下し、コロナ禍以降ではほとんどの地点の濃度が10µg/m³以下となった。その後の濃度低下はほぼ横ばいとなり、観音寺市役所局では濃度上昇に転じており、日平均値が環境基準の35µg/m³に近い値が検出される日が見られるようになった(2023年11月4日33.1µg/m³, 12月10日33.0µg/m³, 2024年2月14日34.1µg/m³)。

日本における経済活動(実質GDP)はコロナ禍による一時的な低下があったが、堅調に推移している²⁾。一方、エネルギー消費は2008年のリーマンショックから低下傾向で推移しており、化石燃料である石炭・天然ガスは横ばい、石油の消費量は大幅に低下している。これは、近年、再生可能エネルギーへの転換が急激に進んでいることや、GTCC等の高効率発電装置の普及によるエネルギー効率の大幅な改善、エコカーの導入などによる影響と考えられる。こうしたことから、本県を含め、日本国内での環境負荷が大幅に改善し、PM_{2.5}質量濃度上昇が抑制されていると考えられる。

世界におけるエネルギー消費は日本国内の傾向と異なり、コロナ禍による一時的な低迷があったものの、堅調

に伸びており、特に東アジアでは石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料の消費が大幅に増えている¹⁾。特に中国ではゼロコロナ政策の緩和以降、石油・石炭の消費量が大幅に増え、燃焼による二酸化炭素排出量も増加している。一方で、再生可能エネルギーへの転換は進んでおり、PM_{2.5}質量濃度をはじめとして、大気汚染の状況は改善しているとの報告⁷⁾もある。また、コロナ禍による外出制限によってリモートワークが一般化し、通勤や出張、巡回などの人の移動に伴う負荷が減少したこと⁷⁾⁸⁾が大きな要因と考えられるが、近年においては、経済活動の活性化がPM_{2.5}質量濃度上昇に影響するとは限らず、これはエネルギー消費量と実質GDPが比例して上昇していたリーマンショック以前とは明らかに異なり、環境改善に資する良好な変化となっている。

2 PM_{2.5}成分の詳細調査の結果

(1) 自動測定局と詳細調査の質量濃度の比較

表4に詳細調査のPM_{2.5}質量濃度と自動測定局の測定値の比較を示す。

観音寺市役所局と観音寺での詳細調査の相関係数は0.95、坂出市役所局と坂出での詳細調査については0.99となり、採取地点の僅かなずれの影響はほとんど見られ

ないと考えられた。

表5に、まんのうでの詳細調査のPM_{2.5}質量濃度と県内自動測定局の測定値の比較を示す。

相関係数と期間の平均濃度で比較すると、宇多津町役

表4 詳細調査のPM_{2.5}質量濃度と自動測定局の測定値の比較

測定地点	平均濃度 μg/m ³	相関係数
観音寺市役所局 自動測定局	13.8	0.952
観音寺市公民館 詳細調査	14.4	
坂出市役所局 自動測定局	9.4	0.990
坂出市教育会館 詳細調査	9.6	

※ 自動測定局の平均濃度：詳細調査と同一日の日平均値から計算
 観音寺市は2016～2023年度、坂出市は2022～2023年度の値で比較

場局、鶴尾コミュニティセンター局、国分寺局と近い傾向があった。これらの地域周辺には粒子状物質や、VOCsなど前駆物質の発生源となる大規模な施設がないこと、周囲に山があり、空気の流れが滞留しやすいなど、環境条件が近いためではないかと考えられる。

(2) 詳細調査による成分濃度の調査結果

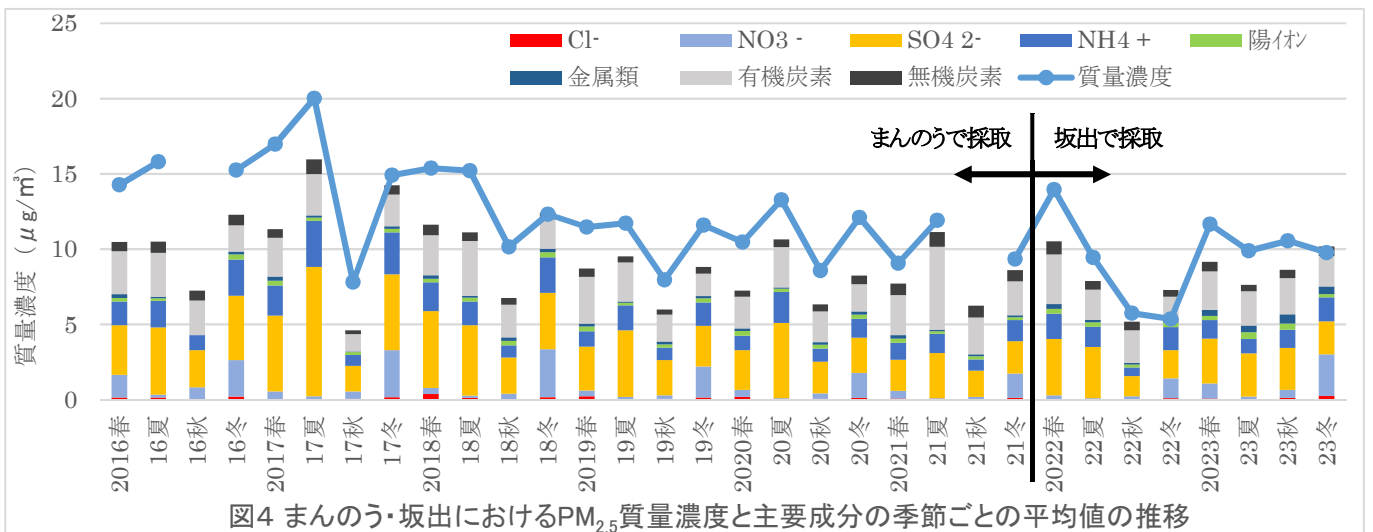
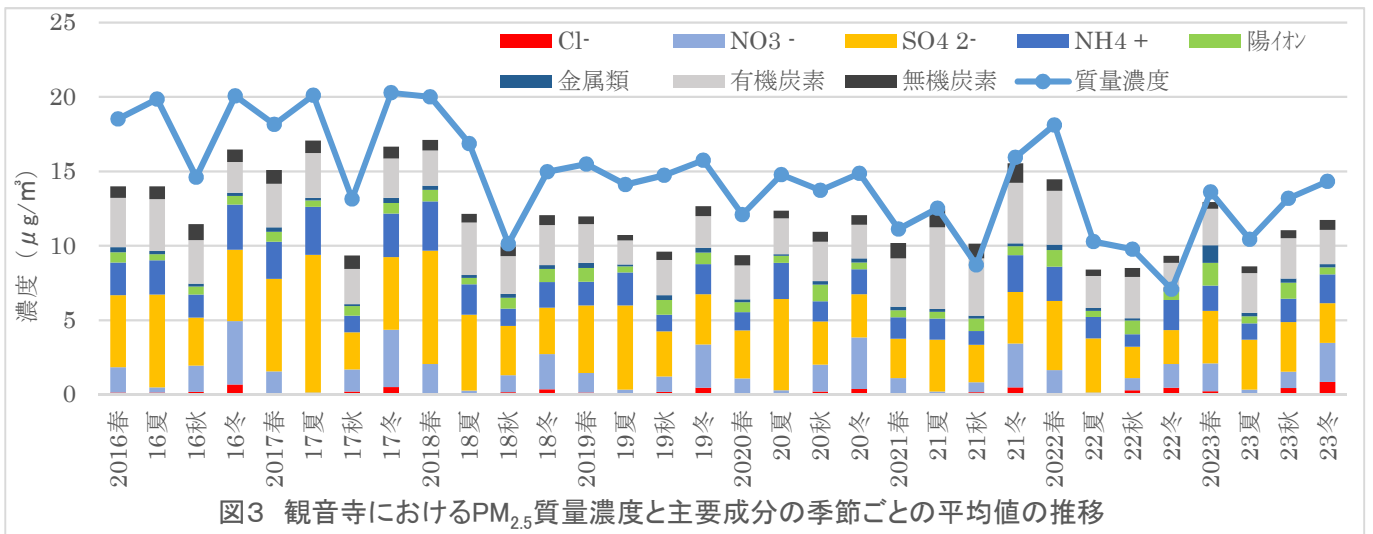
図3に観音寺の、図4にまんのう（2022年度からは坂出）におけるPM_{2.5}質量濃度と主要成分の季節ごとの平均値の推移を示す。図中の陽イオンは揮発性の低いNa, K, Caの合算値である。

自動測定局での傾向と同じく、どちらの地点でも質量

表5 まんのうでの詳細調査のPM_{2.5}質量濃度と県内自動測定局の測定値の比較

	まんのう 詳細分析	坂出市役 所局	宇多津町 役場局	丸亀市役 所局	善通寺市 役所局	観音寺市 役所局	高松競輪 場局	鶴尾コミュ ニティセン ター局	国分寺局	東讃保健 所局	東部運動 公園局	南消防署 局	小豆事務 所局
平均濃度 μg/m ³	12.7	11.9	12.4	14.4	14.5	15.0	13.6	12.1	12.2	11.0	10.6	11.4	9.0
相関係数		0.933	0.931	0.924	0.953	0.908	0.912	0.931	0.936	0.881	0.914	0.953	0.871

※ 自動測定局の平均濃度：詳細調査と同一日の日平均値から計算



濃度は低下傾向を示しており、まんのうでは2020年ごろ、観音寺では2021年ごろまで低下し、その後は横ばいとなっている。揮発性が高い塩化物イオンと硝酸イオンについては、季節変動は大きいものの経年値に大きな減少傾向はみられず、発生源と考えられるボイラーや自動車等の使用状況は、コロナ禍においてもあまり変化がなかったと思われる。一方、硫酸イオンと、そのカウンターイオンであるアンモニウムイオンは、どちらの地点でも濃度低下の傾向が見られ⁹⁾、国内では石炭や重油など硫黄分を多く含む化石燃料の使用量が低下していること、東アジアにおいても環境改善が進んできたことにより硫酸化物の大気放出量が低下していることが要因として考えられる。これまで、硝酸イオンより硫酸イオンの濃度が高い傾向にあったが^{10) 11)}、硫酸イオン濃度の低下により、この濃度比率は同程度に変化してきている。

重油燃焼の指標とされているバナジウムと、石炭燃焼の指標とされている鉛について、図5に濃度の月平均値の推移を示す。

バナジウムについては、コロナ禍を境に急激に低下しており、重油を燃料とする船舶による物流が大幅に制限されたことが顕著に影響しているものと考えられる。鉛については同様な極端な変動は見られず、コロナ禍の時期まで、他の成分と同様に低下傾向であったが、コロナ禍から経済が回復してきた2021年末以降は、再度、濃度上昇の傾向が見られた(2023年度は欠測)。石炭は火力発電の燃料など、経済状況によって停止できないライフラインのエネルギー源となっていることから、行動制限の影響により低下はするものの一定の消費があり、経済の回復に伴って再度濃度が上昇しはじめたと考えられる。

IV まとめ

近年、PM_{2.5}質量濃度は全国的に低下傾向にあり、本県における近年の測定結果でも同様な低下傾向にあった。

こうした傾向の背景には、近隣国での環境改善への取り組みが加速していること、国内においても、リーマンショック以降、再生可能エネルギーの導入など、化石燃料の消費量増加に頼らずに経済回復が進んでいることが効果を表しているものと思われる。

このため、西之島の噴火による影響や黄砂など、抑制が困難な気候要因による一時的な質量濃度上昇要因はあるものの、年間の環境基準等はほぼ達成されるようになっており、この傾向は今後も継続すると考えられる。

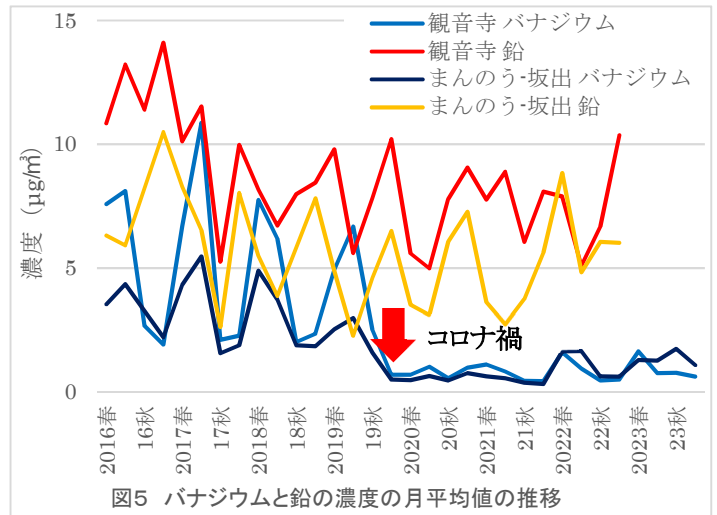


図5 バナジウムと鉛の濃度の月平均値の推移

しかし、現在においても、PM_{2.5}質量濃度が上昇した際に有効な濃度抑制技術は開発されておらず、経済発展が進んでいるグローバルサウス地域においては、今後の経済成長に伴ってPM_{2.5}が多く生成され、将来的には越境移入により日本国内の大気が影響を受ける可能性がある。

現状、PM_{2.5}の危険性は大きく低下していると考えられるので、PM_{2.5}質量濃度のモニタリングについては代表地点を絞ることを検討するとともに、高濃度化した際に利用できる実用的なPM_{2.5}の防護や濃度低減技術の開発が必要である。

文献

- 1) Energy Institute: Statistical Review of World Energy, 73rd edition, (2024)
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁: 令和4年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2023), (2024)
- 3) 環境省: 令和4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, (2024)
- 4) 経済産業省: 令和3年度緊急事態宣言下における光化学オキシダントの大気濃度に関する調査業務成果報告書, (2022)
- 5) 環境省: 大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})成分測定マニュアル(2019年5月), (2019)
- 6) 勝間孝ほか: 香川県における2020年夏季のPM_{2.5}の高濃度現象について—西之島の火山噴煙による影響事例—, 香川県環境保健研究センター所報, 22, 42-50, (2023)
- 7) Atmospheric Chemistry and Physics: Trends in China's anthropogenic emissions since 2010

as the consequence of clean air
actions, Discussion started: 2 May 2018

- 8) 総務省:情報通信白書令和5年版,(2023)
- 9) 佐々木一貴ほか:香川県におけるPM_{2.5}大気環境調査について(VII),香川県環境保健研究センター所報, 21, 42-48, (2022)

- 10) 橋本貴世:香川県におけるPM_{2.5}大気環境調査について(III),香川県環境保健研究センター所報, 13, 48-51, (2014)
- 11) 橋本貴世:香川県におけるPM_{2.5}大気環境調査について(V),香川県環境保健研究センター所報, 14, 44-56, (2015)