

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—

High PM_{2.5} Concentration Phenomenon in Kagawa Prefecture during Summer 2020

-A case study of the impact of the Nishinoshima Island volcanic smoke-

勝間 孝 藤田 麻梨子* 佐々木 一貴
Takashi KATSUMA Mariko FUJITA Kazuki SASAKI

要 旨

香川県におけるPM_{2.5}の高濃度現象については、瀬戸内海地域という地形から大気が滞留しやすいことや、冬型の気圧配置並びに春季及び秋季の移動性の高気圧及び低気圧の影響により、大陸からの影響を受けたものと考えられている。

夏季においては太平洋高気圧の影響を受けるため、大陸からの影響は受けにくく太平洋からの清浄な大気が流入することにより高濃度にはなりにくいですが、2020年の夏季に観音寺とまんのうにおいて環境基準値を超過した。同時期での高濃度PM_{2.5}観測については、西之島の火山噴煙の影響との報告があり本事例を検証したところ同様に西之島の火山噴煙が影響したことが示唆された。

また、その時の分析結果から、質量濃度の増加に影響を及ぼす主成分は硫酸イオン及びアンモニウムイオンであり、炭素成分のOC、EC1-OCpyro、EC2及びEC3についても質量濃度の増加に影響を及ぼすことが判明した。

Abstract

It is considered that the high concentration of PM_{2.5} in Kagawa Prefecture is influenced by the topography of the Seto Inland Sea, which tends to cause accumulation in the atmosphere, and by the continent, due to the winter pressure pattern and mobile high and low pressure in the spring and fall seasons.

In the summer season, concentration of PM_{2.5} is less likely to be high due to the influence of the Pacific High Pressure System, which is less influenced by the continent, resulting in the inflow of clean Pacific air. However, levels of PM_{2.5} exceeded the environmental standard at Kan-onji City and Manno Town in the summer of 2020. The high concentration of PM_{2.5} observed during this period was reported to have been affected by the volcanic fumes from Nishinoshima Island. When examined in Kagawa Prefecture, it was suggested that the volcanic eruption at Nishinoshima Island had indeed had an effect.

The results of the analysis indicated that the main components affecting the increase in mass concentration were sulfate and ammonium ions, and that the carbon components OC, EC1-OCpyro, EC2, and EC3 also affected the increase in mass concentration.

キーワード : NOAA ベルギー王立宇宙航空研究所 NEAR REAL TIME 二酸化硫黄 西之島 火山噴煙

I はじめに

冬型の気圧配置や春季及び秋季の移動性高気圧による黄砂を含む大陸の影響により、香川県では高濃度の微小粒子状物質(以下PM_{2.5}と称する。)が観測されている。

*香川県健康福祉部西讃保健福祉事務所

特に、瀬戸内海地域に位置しており、中国山脈と四国山脈等の山脈に囲まれているため、気象条件により大気が滞留しやすいことで、高濃度になることが推測される。

一方、夏季については、太平洋高気圧や台風の影響を受け太平洋上の清浄な大気が流れ込み、環境基準値を超

過することは殆どない。

しかし、2020年の夏季の調査期間においては、環境基準値を超過した測定日（以下、高濃度日と称する。）があることから、その原因について、大気の流れの移動軌跡（流跡線）を風向きなどの気象データを用いて計算した後方流跡線解析を用いて検討するとともに、汚染源について、火山活動を監視している人工衛星の画像を用いた解析を行った。

また、成分分析において、質量濃度へ影響を与えたイオン成分と炭素成分のEC1-OCpyro、EC2及びEC3についても解析を行った。

II 方法

1 調査地点及び調査期間

PM2.5が平常時に高濃度の観音寺及び低濃度のまんのうの2地点で調査を実施した（図1）。調査期間は表1に示すとおり2週間とした。



図1 調査地点

表1 調査期間

調査年度	夏季の調査期間
2020年	7/23~8/5

2 採取方法

試料採取は観音寺とまんのうにそれぞれサンプラーを設置し、サンプリング装置はThermo Scientific 2025とThermo Scientific 2025iを使用した。質量濃度にはPTFE製フィルタ（47 mm φ）を用い、イオン、炭素成分捕集用には石英製フィルタ（47 mm φ）を用いた。

3 分析方法

分析は環境省で定める方法¹⁾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。

4 後方流跡線解析

後方流跡線解析²⁾は、NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration:アメリカ大洋気庁)にて公開されているHYSPLIT Trajectory Modelを、気象データにはGlobal Data Assimilation System (GDAS)のデータを用いた。

5 衛星による画像解析

福岡大学³⁾が2020年夏季の高濃度現象について発表しており、その中でベルギー王立宇宙航空研究所(BIRA-IASB)が主催する航空管制サービス(SACS)のNEAR REAL TIMEの画像で解析を行っている。このサービスは、火山噴火によって排出された二酸化硫黄および火山灰等を人工衛星に搭載された紫外線で観測する機器(TROPOMI)でモニタリングし、その情報をインターネットサービスで提供することで、航空機の運航の安全に寄与しており、オランダ王立気象研究所(KNMI)が運営するサイト(Tropospheric Emission Monitoring Internet Service(TEMIS)⁴⁾で提供されている。

このサービスを用いて火山噴火の影響についても調査した。

6 質量濃度に対するイオン成分並びに炭素成分のEC1-OCpyro、EC2及びEC3との関係について

分析結果で、イオン成分及び炭素成分は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 単位、金属成分は ng/m^3 単位での含有であったことから、質量濃度に対する影響が大きいイオン成分と炭素成分について関係性を求めた。なお、炭素成分については、有機炭素のOC、元素状炭素で植物由来の影響を示す炭素成分のEC1-OCpyro及び人工成分の影響を示すEC2及びEC3を対象とした。

III 結果と考察

1 質量濃度値

表2に2020年の夏季における高濃度日とその日の質

量濃度を示す。

表 2 高濃度日の質量濃度結果

測定日	測定地点	観音寺	まんのう
		質量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	質量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2020年8月4日		35.6	33.9
2020年8月5日		47.5	45.5

2 後方流跡線解析 HYSPLIT の結果について

HYSPLIT Trajectory Model の結果を図2—1～図2—3に示す。

これらの結果から太平洋上の影響を受けたもので、大陸からの影響を受けたものではないと考えられた。

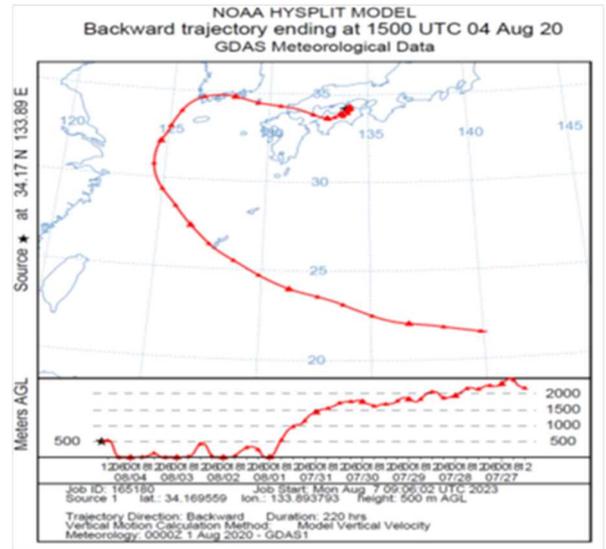


図 2-3 2020.8.5 (まんのう)

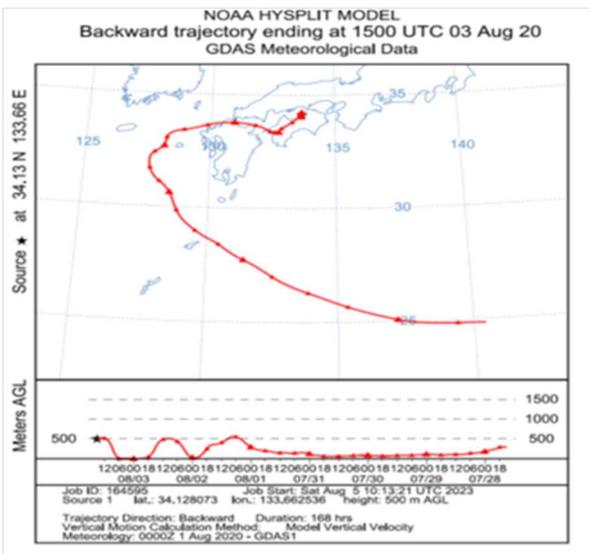


図 2-1 2020.8.4 (観音寺)

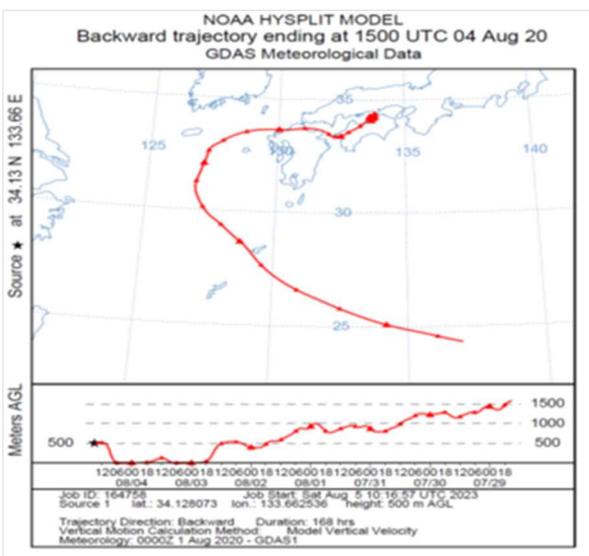


図 2-2 2020.8.5 (観音寺)

3 NEAR REAL TIME による解析

HYSPLIT Trajectory Model の解析では、汚染源が特定できないため、福岡大学³⁾が2020年夏季の高濃度現象について発表している報告を参考に、香川県におけるPM2.5の高濃度解析についてベルギー王立宇宙航空研究所(BIRA-IASB)が主催する航空管制サービス(SACS)の NEAR REAL TIME を用いて、画像解析を行った。図3—1に西之島と測定地点との地理的關係を示し、その時の解析画像及び天気図を図3—2～図3—11に示す。

この結果から、小笠原諸島にある西之島の火山噴火により高濃度の二酸化硫黄が大気中に噴出され、その二酸化硫黄が太平洋高気圧の影響を受けて香川県に飛来したことが示唆された。

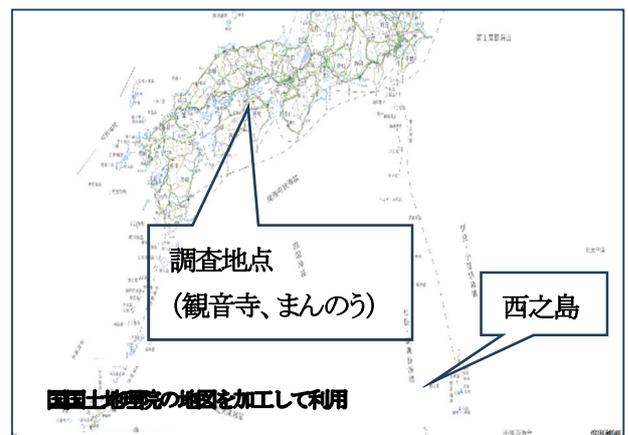


図 3-1 西之島と調査地点との地理關係

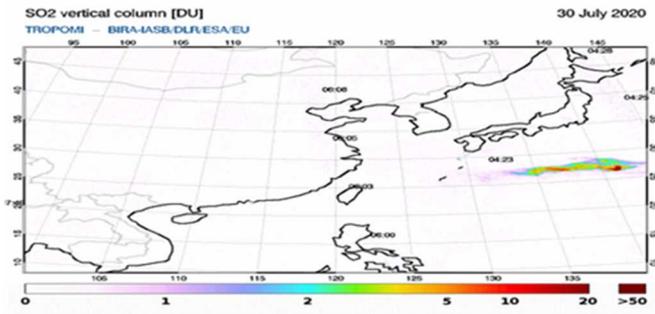


図 3-2 2020.7.30

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

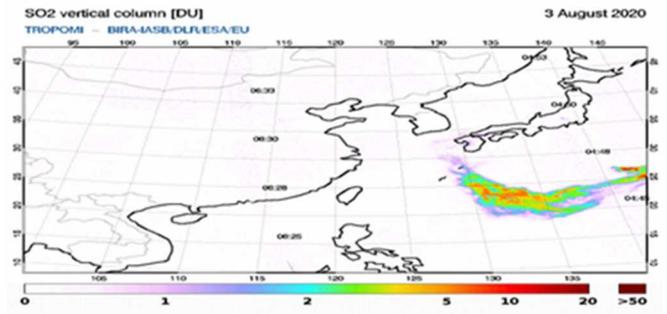


図 3-6 2020.8.3

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

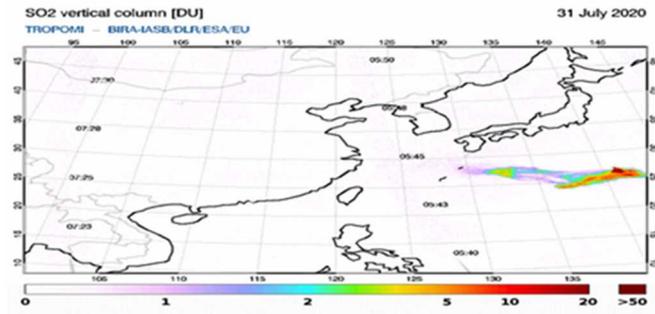


図 3-3 2020.7.31

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

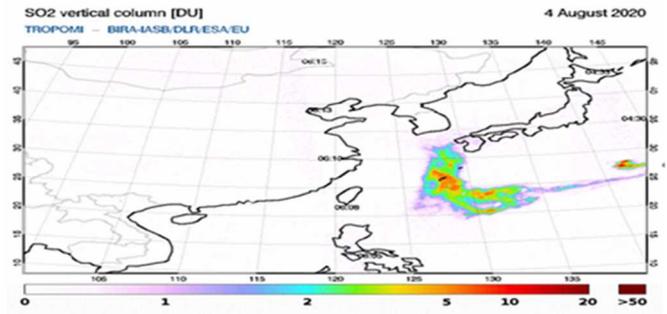


図 3-7 2020.8.4

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

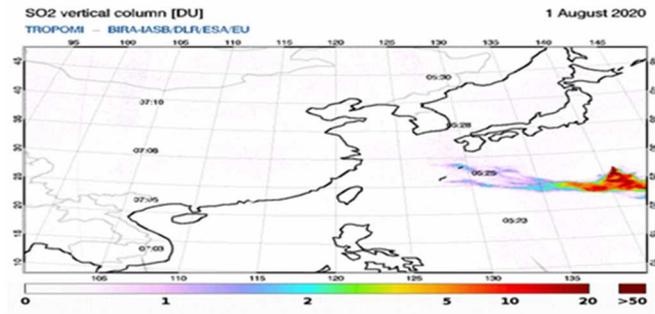


図 3-4 2020.8.1

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

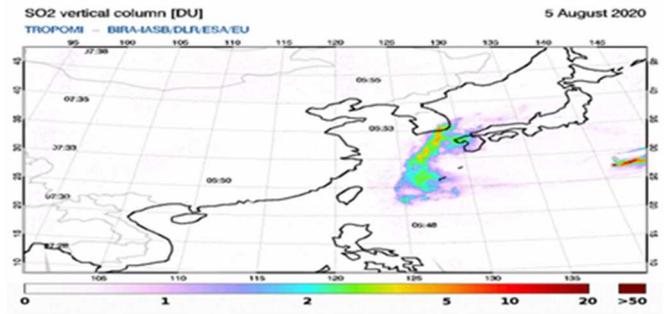


図 3-8 2020.8.5

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

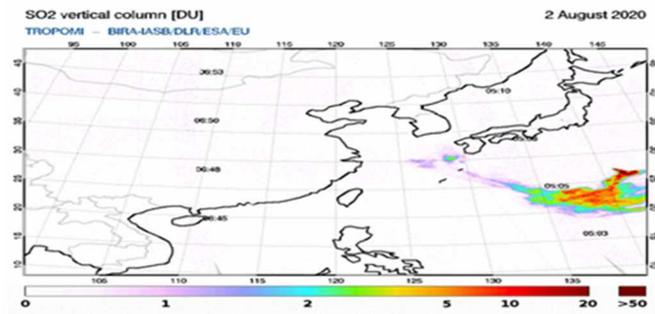


図 3-5 2020.8.2

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

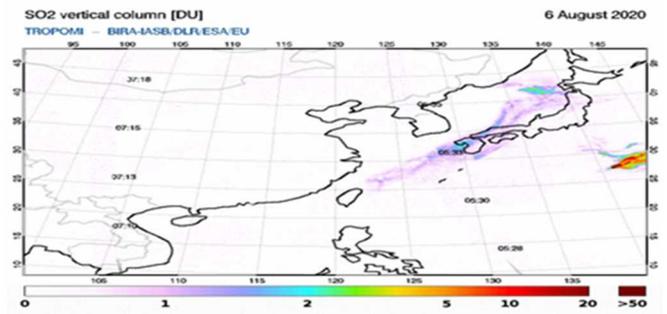
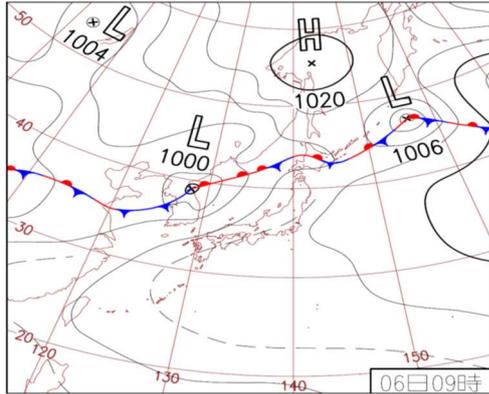


図 3-9 2020.8.6

西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響



6日(木)西日本～東北、暑さ続く
 東北北部～北海道は低気圧や前線の影響で曇りや雨。北海道小倉で38.5mm/1hの激しい雨。その他は高気圧に覆われ晴れ。富山で37.5℃など、西日本～東北は猛暑続く。

図 3-10 2020.8.6 天気図
 (気象庁のホームページより)

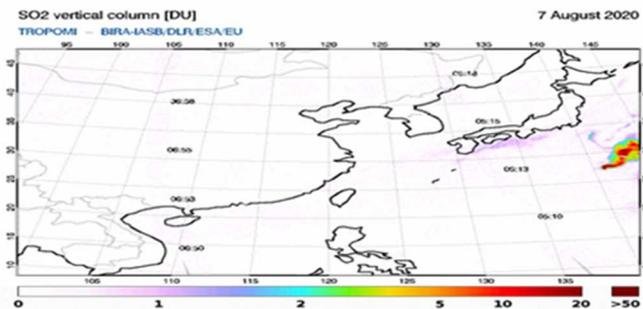


図 3-11 2020.8.7
 西之島の火山噴火による二酸化硫黄の影響

硫酸イオンの増加は、2021年の所報⁵⁾で「過去に実施したPMFモデルによる発生源解析でも、硫酸系二次生成粒子は全体を通して寄与が大きく、特に夏季に高い寄与を示し、」との記載があり、その結果と合致するものとなった。

4 成分分析の結果について

質量濃度に占める割合が高いイオン成分並びに炭素成分OC、EC1-OCpyro、EC2及びEC3との関係について求めてみた。その結果は3つのグループに分けられ、グループ①：質量濃度が増加すると成分濃度が増加するグループ、グループ②：①ほどではないが、質量濃度が増加すると成分濃度も増加するグループ、グループ③：質量濃度の増加と成分の増加に関係性が見受けられないグループに分けられた。グループ①を図4-1～図4-4に、グ

ループ②を図4-5～図4-12に、グループ③を図4-13～図4-24に示す。

グループ①には硫酸イオンとアンモニウムイオンが該当した。火山噴煙の影響を受けた大気中粒子状物質の場合、硫酸イオン濃度が特に顕著に上昇することが既往研究^{6), 7)}により報告されている⁸⁾ことから火山噴火の影響を受けたことを示している。上記報告では、「期間平均で最大の成分は硫酸イオン(38 w/w%)であり、アンモニウムイオン(13 w/w%)と合わせてPM2.5濃度の半分以上を占めた」という内容の報告があった。香川県では、各調査地点において高濃度以外(以下、基準値以下と称する。)の測定日における成分割合と高濃度の測定日における成分割合を比較した。その結果を図4-25～図4-28に示す。観音寺では、基準値以下の測定日で硫酸イオン(45 w/w%)、アンモニウムイオン(17 w/w%)でPM2.5質量濃度の62%を占めた(図4-25)が、高濃度日では硫酸イオン(59 w/w%)、アンモニウムイオン(25 w/w%)が増加しPM2.5質量濃度の84%(図4-26)を占めた。まんのうにおいては、基準値以下の測定日で硫酸イオン(46 w/w%)、アンモニウムイオン(17 w/w%)でPM2.5質量濃度の63%を占め(図4-27)観音寺と同程度で、高濃度の測定日でも硫酸イオン(55 w/w%)、アンモニウムイオン(22 w/w%)でありPM2.5質量濃度の77%(図4-28)を占め観音寺と同様に6割から8割に増加した。

グループ②には、OC、EC1-OCpyro、EC2及びEC3が該当し、後方流跡線解析から西日本において、OCは有機炭素、EC1-OCpyroはバイオマス燃焼等の自然由来の元素状炭素、EC2及びEC3はディーゼル排気等の人工由来の元素状炭素の影響を受けたと推量した。

グループ③の項目は、硫酸イオン及びアンモニウムイオンを除いたイオン成分であり、質量濃度とは相関関係が低かった。

グループ①

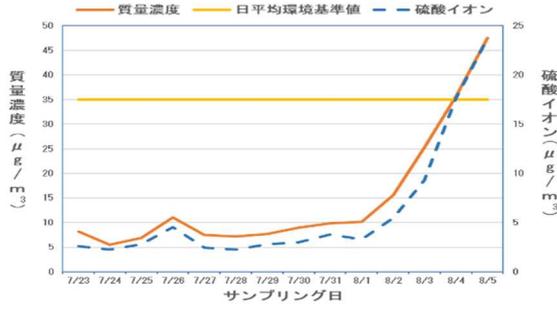


図 4-1 質量濃度と硫酸イオンとの関係 (観音寺)

グループ②

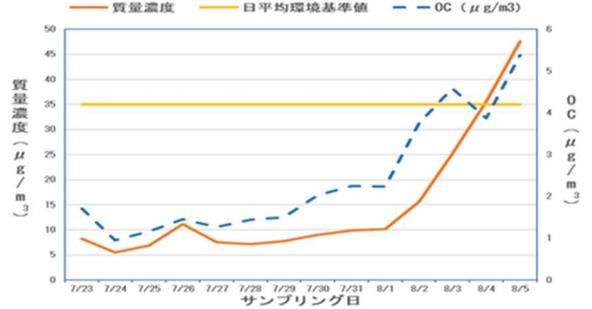


図 4-5 質量濃度とOCとの関係 (観音寺)

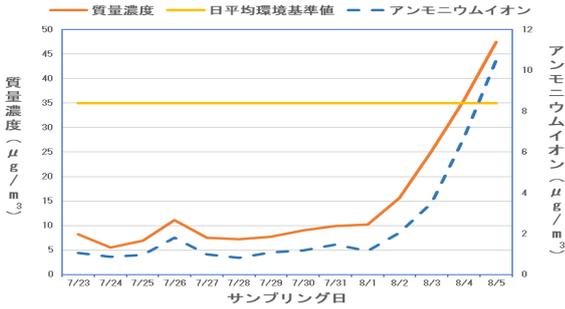


図 4-2 質量濃度とアンモニウムイオンとの関係 (観音寺)

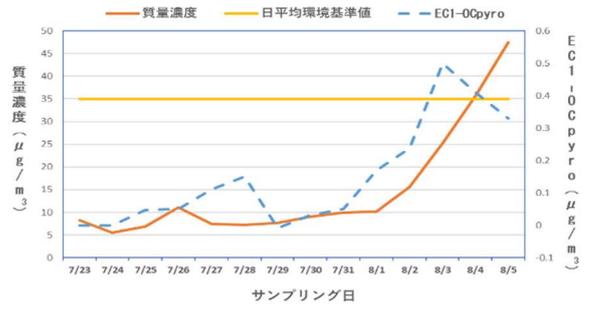


図 4-6 質量濃度とEC1-OCpyroとの関係 (観音寺)

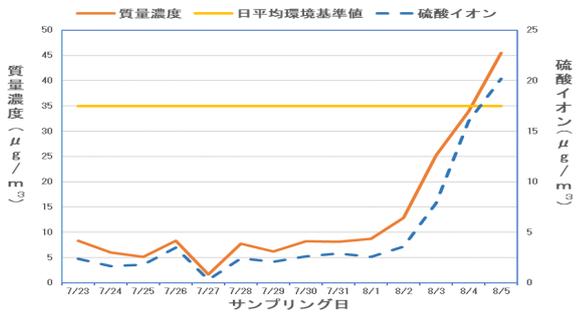


図 4-3 質量濃度と硫酸イオンとの関係 (まんのう)

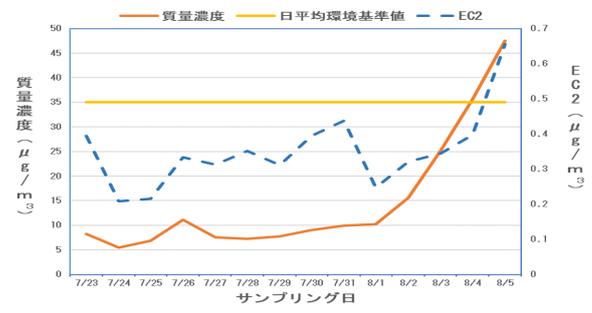


図 4-7 質量濃度とEC2との関係 (観音寺)

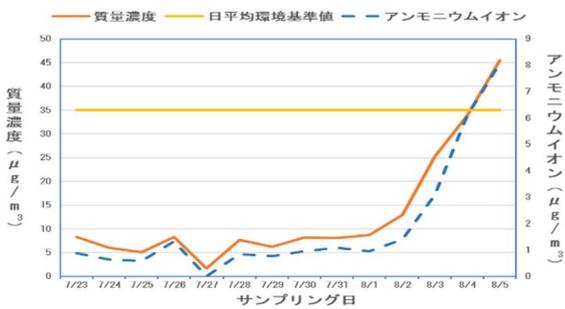


図 4-4 質量濃度とアンモニウムイオンとの関係 (まんのう)

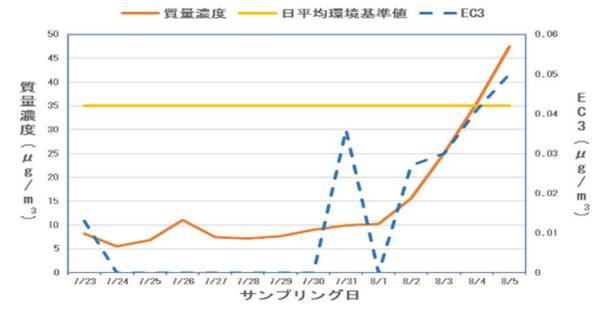


図 4-8 質量濃度とEC3との関係 (観音寺)

グループ③

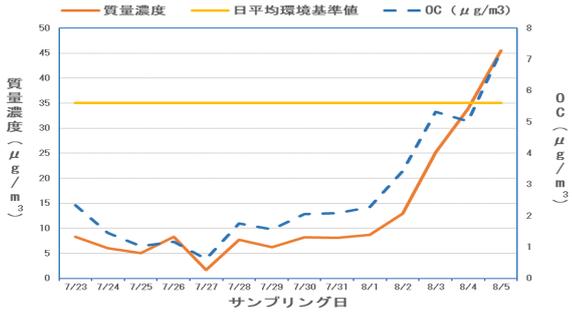


図 4-9 質量濃度と OC との関係
(まんのう)

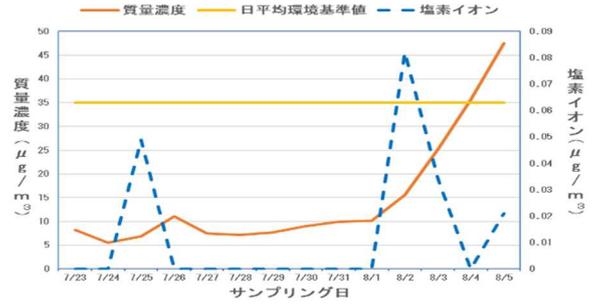


図 4-13 質量濃度と塩素イオンとの関係
(観音寺)

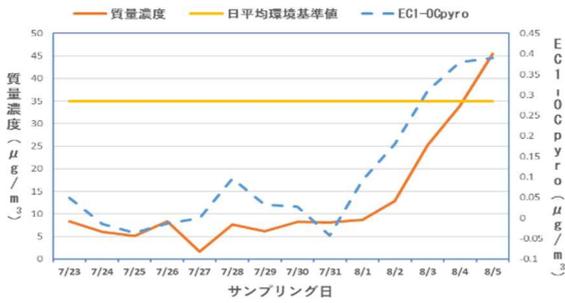


図 4-10 質量濃度と EC1-OCpyro との関係
(まんのう)

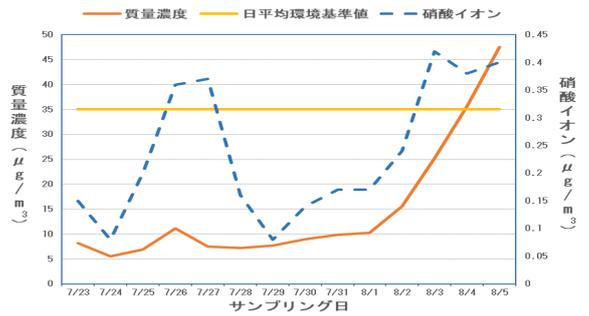


図 4-14 質量濃度と硝酸イオンとの関係
(観音寺)

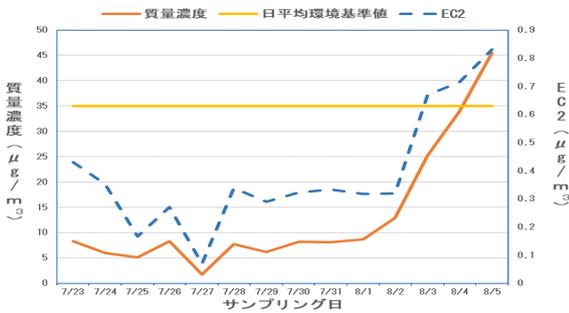


図 4-11 質量濃度と EC2 との関係
(まんのう)

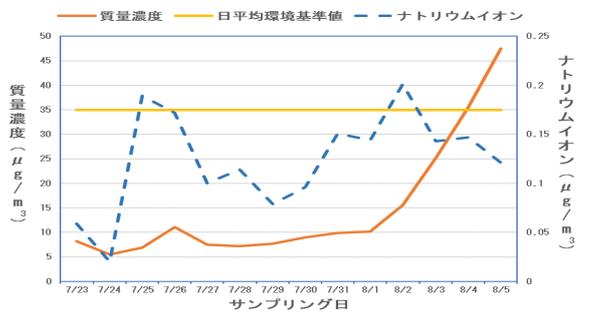


図 4-15 質量濃度とナトリウムイオンとの関係
(観音寺)

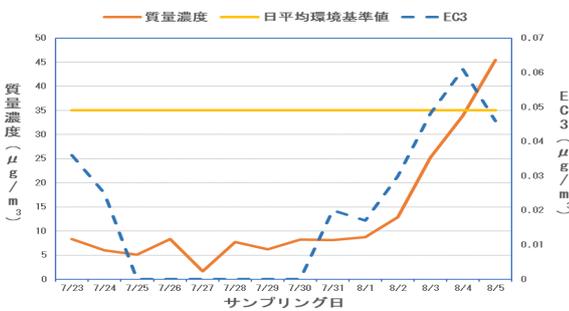


図 4-12 質量濃度と EC3 との関係
(まんのう)

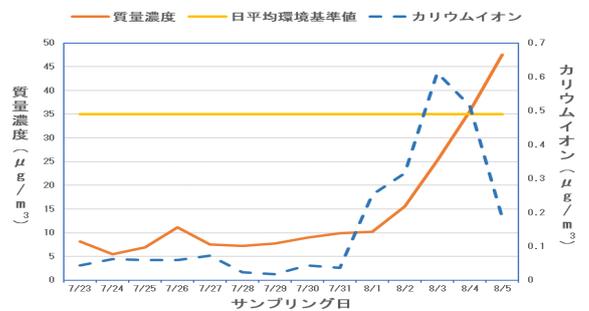


図 4-16 質量濃度とカルウムイオンとの関係
(観音寺)

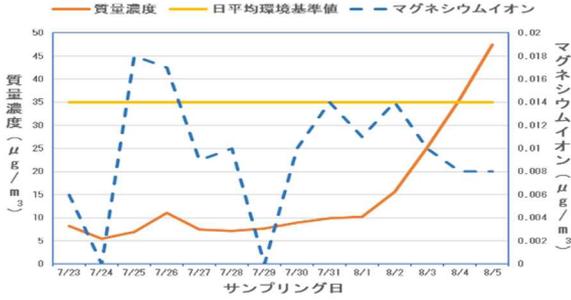


図 4-17 質量濃度とマグネシウムイオンとの関係
(観音寺)



図 4-21 質量濃度とナトリウムイオンとの関係
(まんのう)

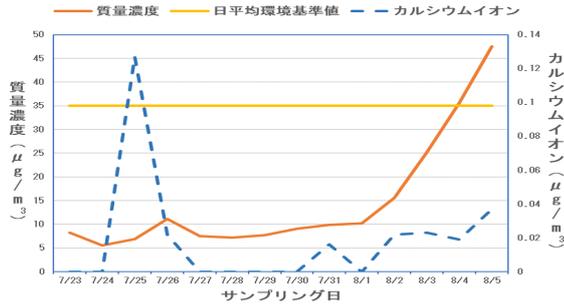


図 4-18 質量濃度とカルシウムイオンとの関係
(観音寺)

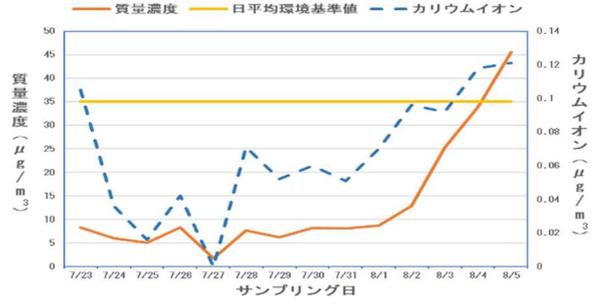


図 4-22 質量濃度とカリウムイオンとの関係
(まんのう)

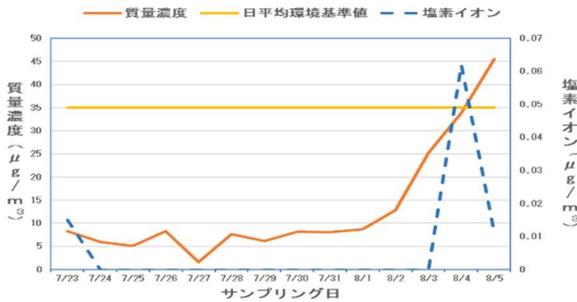


図 4-19 質量濃度と塩素イオンとの関係
(まんのう)

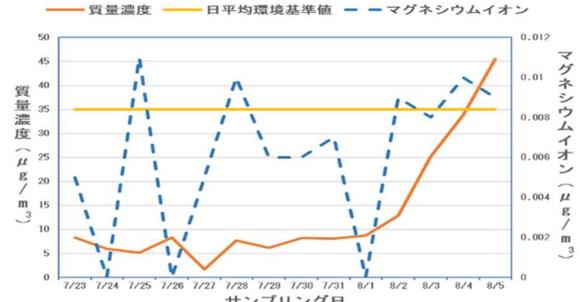


図 4-23 質量濃度とマグネシウムイオンとの関係
(まんのう)

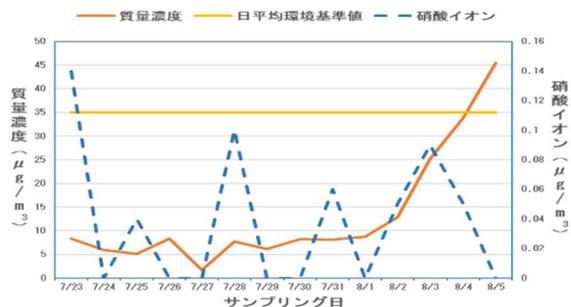


図 4-20 質量濃度と硝酸イオンとの関係
(まんのう)



図 4-24 質量濃度とカルシウムイオンとの関係
(まんのう)

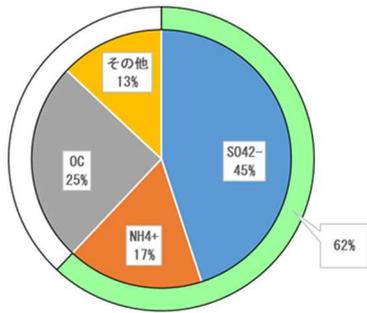


図 4-25 基準値以下の測定日での成分割合
(観音寺)

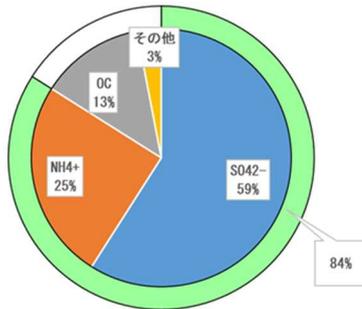


図 4-26 高濃度日での成分割合 (観音寺)

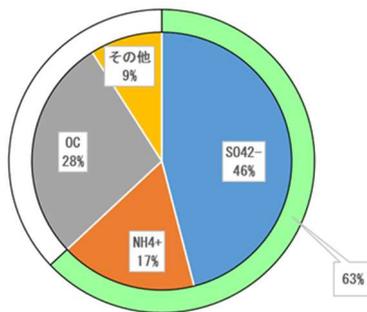


図 4-27 基準値以下の測定日での成分割合
(まんのう)

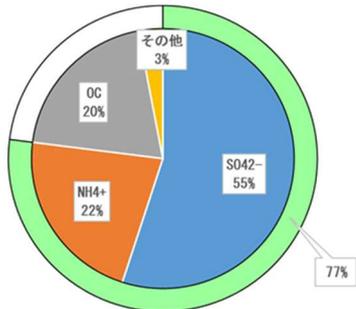


図 4-28 高濃度日での成分割合 (まんのう)

IV まとめ

2020年の夏季のPM_{2.5}試料採取では、観音寺が8月4日と8月5日、まんのうが8月5日に環境基準を超過する高濃度を観測した。

HYSPLIT Trajectory Modelでは、高濃度現象が大陸からの影響を受けたものではないことが示された。

NEAR REAL TIMEによる解析結果から、高濃度現象は、

小笠原諸島にある西之島の火山噴火の影響を受けたものであると推量された。

火山噴火の影響を受けた成分の分析結果については、質量への影響が大きいイオン成分と炭素成分について、検討した。その結果、硫酸イオンとアンモニウムイオンは質量濃度が増加するのに伴い増加した。高濃度の測定日における硫酸イオンとアンモニウムイオンは、質量濃度の約8割を占め、硫酸系の二次粒子の生成割合をさらに高める結果となった。炭素成分のOC、EC1-OCpyro、EC2及びEC3は硫酸イオンとアンモニウムイオンほどではないが、質量濃度が増加すると増える傾向があった。これら以外の成分は質量濃度が増加しても増加する傾向はなかった。

文献

- 1) 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)
- 2) NOAA:後方流跡線解析 HYSPLIT Trajectory Model, <https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive> (2023/12/25 閲覧)
- 3) 福岡大学:九州地方8月上旬の煙霧は「西之島噴火」の噴煙が原因, <https://www.fukuoka-u.ac.jp/fukudaism/coalition/20/08/15933.html> (2023/12/25 閲覧)
- 4) KNMI/ESA: TEMIS, <https://www.temis.nl/> (2023/12/25 閲覧)
- 5) 佐々木一貴, 藤田麻梨子, 勝間孝:PMF法による香川県におけるPM_{2.5}発生源解析(第2報), 香川県環境保健研究センター所報, 20, 41-46, (2021)
- 6) Satsumabayashi H., Kawamura M., Katsuno T., Futaki K., Murano K., Carmichael G. R., Kajino M., Horiguchi M., Ueda H.: Effects of Miyake volcanic effluents on airborne particles and precipitation in central Japan., J. Geophys. Res., 109, D19202, (2004)
- 7) 鹿角孝男, 川村實, 薩摩林光, 西沢宏, 村野健太郎:長野県北部で観測された三宅島の火山ガスにより生成した高濃度硫酸エアロゾル, 大気環境学会誌, 37, 75-80, (2002)
- 8) 中込和徳, 町田哲, 掛川英男:長野市における2020年夏季のPM_{2.5}成分調査結果—西之島噴煙及び花火の影響事例—, 全国環境研会, 47(4), 3, (2022)