

鳥取県等における PM2.5 への周辺発生源の寄与解析

【大気・地球環境室】

山下 健、尾川 成彰¹⁾、戸野 菜保子²⁾

要旨

微小粒子状物質 (PM2.5) は、各自治体において質量濃度や成分に関する調査が実施されている。今回、鳥取県及びその近隣県において、公表されている PM2.5 の成分分析データを用いて、PMF 法 (Positive Matrix Factorization) による発生源因子及びその寄与割合について解析を行った。

PMF 解析の結果、鳥取県を含む山陰地方の中高濃度域では、発生原因因子として硫酸塩因子 (石炭燃焼系)、硫酸塩因子 (その他) が全体の約 60% を占め、その後は硝酸塩因子、道路交通因子、バイオマス・廃棄物燃焼因子と続いた。低濃度域では、中高濃度域で確認された因子に加え、工業粉じん因子も新たに確認され、より地域内の発生源を捉えた結果として示された。

また、山陽地方における中高濃度域の解析結果と比較したが、両地域が一概に同様の影響を受けているとは言えなかった。

1 はじめに

微小粒子状物質 (PM2.5) は、人体の呼吸器系や循環器系に及ぼす健康影響が懸念されており、平成 21 年 9 月にその質量濃度について、大気汚染に係る環境基準 (長期基準: 年平均値が $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、短期基準: 1 日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること) が設定された。また、平成 23 年 7 月には PM2.5 成分分析のガイドラインが定められ、各自治体において質量濃度や成分に関する調査が実施されている。

今回は、鳥取県及びその近隣県の PM2.5 成分分析データ及び PM2.5 常時監視測定データを使用し、因子分析を行う統計モデルである PMF 法 (Positive Matrix Factorization) を用いて、PM2.5 の高濃度時、低濃度時の PM2.5 成分組成の割合の変化に着目し、それぞれの濃度区分ごとに発生源因子及びその寄与割合の推計を行ったので、結果について報告する。

2 方法

2.1 解析対象データ

2.1.1 対象地点

図 1 に示す PM2.5 の成分分析を行っている鳥取県 (a. 鳥取県西町分庁舎) 及び島根県 (b. 浜田合同庁局)、岡山県 (c. 総社、d. 長津、e. 東岡山)、広島県 (f. 大竹油見公園、g. 井口小学校)、山口県 (h. 周南総合庁舎、i. 環境保健センター) の計 9 地点のデータを使用し、山陰地方 (鳥取県、島根県)、山陽地方 (岡山県、広島県、山口県) として、解析を行った。

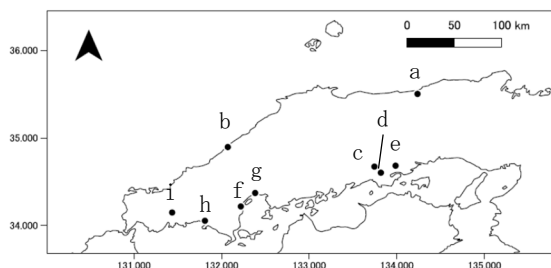


図 1 対象地点

1) 現 鳥取県生活環境部循環型社会推進課

2) 現 鳥取県危機管理部原子力安全対策課 (福井県派遣)

2. 1. 2 対象期間

解析の対象期間は、表 1 に示す環境省が設定した PM2.5 成分分析統一試料捕集期間とし、春季、夏季、秋季、冬季の年 4 回、各季節連続 2 週間（鳥取県ではサンプリング時間は午前 10 時～翌午前 10 時）とした。

表 1 対象期間

季節	期間	
平成 29 年度	春季	5 月 11 日～5 月 24 日
	夏季	7 月 20 日～8 月 2 日
	秋季	10 月 18 日～10 月 31 日
	冬季	1 月 18 日～1 月 31 日
平成 30 年度	春季	5 月 11 日～5 月 24 日
	夏季	7 月 20 日～8 月 2 日
	秋季	10 月 18 日～10 月 31 日
	冬季	1 月 18 日～1 月 31 日
令和元年度	春季	5 月 11 日～5 月 24 日
	夏季	7 月 20 日～8 月 2 日
	秋季	10 月 18 日～10 月 31 日
	冬季	1 月 18 日～1 月 31 日
令和 2 年度	春季	5 月 11 日～5 月 24 日
	夏季	7 月 20 日～8 月 2 日
	秋季	10 月 18 日～10 月 31 日
	冬季	1 月 18 日～1 月 31 日

2. 1. 3 解析成分

イオン成分 (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})、無機成分 (Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sb, Pb)、炭素成分 (OC, EC) の計 21 成分を解析対象とした。

2. 2 PMF 法

使用したソフトは米国環境保護庁 (US-EPA) がホームページで公開している EPA PMF5.0 を用い、「EPA PMF5.0 User Guide」に従い基本操作及び設定を行った。

PMF 法は、多成分の変動要素からいくつかの因子を抽出 (因子分析) する多変量解析の一種であり、抽出された因子内の PM2.5 成分組成の相対比及びその寄与割合を推定することができる。また、発生源に関する情報を必要とせず、成分濃度デー

タのみで解析を実施することが可能である。今回の因子解釈等を含む解析手順はレセプターモデルによる発生源寄与解析を参考とし、成分濃度データについて、測定日内で特定成分のみ欠測している場合は「-999」を代入し、ソフト上で中央値に置き換えた。

また、発生源因子の数は、複数の範囲で変化させた際の解析結果の妥当性が最も高い数とし、解析時の Signal/Noise (S/N) 比から成分ごとに「解析から除外」、「不確実性 3 倍」又は「変更なし」として成分の重み付けを行い、ソフト上での計算回数は 100 回とした。

3 結果と考察

3. 1 発生源の寄与解析

解析対象とする成分濃度データのうち、PM2.5 (質量濃度) の環境基準の短期基準となっている日平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に対して、その 6 割である $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の質量濃度を観測した日と同日に測定された成分濃度データを「中高濃度域データ」、 $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満であった日に測定された成分濃度データを「低濃度域データ」とする区分で 2 段階に分けて整理した。

山陰地方と山陽地方のそれぞれについて発生源寄与解析を行った結果を表 2 に示す。

山陰地方の中高濃度域データでは、8 つの因子が抽出され、それぞれ寄与割合大きい発生源のうち上から、二次生成系である硫酸塩 (石炭燃焼系) (35.8%)、硫酸塩 (その他) (25.0%) で全体の約 60% を占めており、その後は硝酸塩 (9.7%)、道路交通 (8.3%)、バイオマス・廃棄物燃焼 (8.4%) の順となった。低濃度域データでは、それぞれ寄与割合が大きい順に、硫酸塩 (石炭燃焼系) (26.0%)、道路交通 (19.4%)、バイオマス燃焼 (15.7%)、廃棄物燃焼 (12.0%)、重油燃焼系 (8.8%) と続き、計 9 つの因子が抽出された。

使用したデータ数は異なるが、上記のとおり中高濃度域データについては、より移流の影響が大きいとされる硫酸塩の (発生源としての) 寄与割

合が大きくなった。また、低濃度域データについては、高濃度域データの解析結果では1つにまとめられていた廃棄物・バイオマス燃焼がそれぞれ別の因子として2つに分けられ、新たに工業粉じんが確認された。このことは、比較的大きな発生源が少ないと考えられる山陰地方において、前者は地域外の発生源からの越境移流等を捉え、後者はより地域内の発生源を捉えた結果であることが示唆された。

また、山陽地方の中高濃度域データについて解析を実施したところ、8つの因子が抽出された。硫酸塩因子は石炭燃焼系の硫酸塩因子として1つとなったが、寄与割合が42.6%と最も大きくなった。また、2番目に大きな割合を有するものが道路交通(13.8%)となっているほか、新たにMg²⁺、Cr等を含む因子やNO₃⁻及び無機成分を複数含む因子が確認された。山陰地方の中高濃度域データの解析結果と比較すると、一概に同様の影響を受けているとは言えなかった。

3.2 後方流跡線解析

解析対象としたデータのうち、鳥取県(鳥取県西町分庁舎)において環境基準の日平均値35μg/m³を上回った日、5日間(平成30年5月17日、7月19日、令和2年8月3日、4日、5日)につ

いて、後方流跡線解析(NOAA Air Resources Laboratory HYSPLIT Trajectory Model)を行った。平成30年5月17日を除く、4日間において、太平洋上からの気塊の流入が確認された。当該日付近では、太平洋上の西ノ島における噴火活動が確認されており、噴火活動を発生源とする成分の越境流入が強く推察された。

4 まとめ

県内及び近接県で実施したPM2.5成分分析結果を用いて、PMF法による解析を行い、鳥取県内のPM2.5濃度に対する発生源寄与に係る次の知見を得た。

(1) 山陰地方の中高濃度域データでは、8つの因子が確認され、硫酸塩(石炭燃焼系)、硫酸塩(その他)、硝酸塩、道路交通、バイオマス・廃棄物燃焼の順で寄与割合が大きかった。また、2つの硫酸塩で全体の約60%を占めていた。

(2) 山陰地方の低濃度域データでは、9つの因子が確認され、硫酸塩(石炭燃焼系)、道路交通、バイオマス燃焼、廃棄物燃焼、重油燃焼系の順で寄与割合が大きかった。また、新たに、工業粉じんの因子も確認されており、これは、地域内の発生源を捉えた結果となったと考えられる。

(3) 山陽地方の中高濃度域データでは、8つの

表2 PMF解析による発生源の寄与割合

山陰地方(中高濃度域)				山陰地方(低濃度域)				山陽地方(中高濃度域)			
因子	発生源	寄与濃度 μg/m ³	寄与割合 %	因子	発生源	寄与濃度 μg/m ³	寄与割合 %	因子	発生源	寄与濃度 μg/m ³	寄与割合 %
因子1	硫酸塩 (石炭燃焼系)	5.3	35.8	因子1	硫酸塩 (石炭燃焼系)	1.8	26.0	因子1	硫酸塩 (石炭燃焼系)	9.3	42.6
因子2	硫酸塩 (その他)	3.7	25.0	因子2	道路交通	1.3	19.4	因子2	道路交通	3.0	13.8
因子3	硝酸塩	1.4	9.7	因子3	バイオマス 燃焼	1.1	15.7	因子3	バイオマス・ 廃棄物燃焼	2.5	11.3
因子4	バイオマス・ 廃棄物燃焼	1.3	8.4	因子4	廃棄物燃焼	0.82	12.0	因子4	その他 (Mg ²⁺ 、Cr等)	2.0	9.2
因子5	道路交通	1.2	8.3	因子5	重油燃焼	0.60	8.8	因子5	その他 (NO ₃ ⁻ 、無機系)	1.7	7.9
因子6	海塩粒子	0.82	5.5	因子6	海塩粒子	0.52	7.6	因子6	重油燃焼	1.4	6.4
因子7	重油燃焼	0.79	5.3	因子7	硝酸塩	0.43	6.2	因子7	硝酸塩	1.1	5.1
因子8	土壌	0.30	2.0	因子8	土壌	0.24	3.4	因子8	土壌	0.82	3.7
				因子9	工業粉じん	0.065	0.9				

因子が確認され、硫酸塩は一つであったが寄与割合が最も大きく、次いで道路交通となっているほか、山陰地方では確認されていない Mg^{2+} 、Cr 等を含む因子や NO_3^- 及び無機成分を複数含む因子が確認された。一方で山陰地方の中高濃度域データの解析結果における各因子の寄与割合と異なることから、山陽地方と山陰地方が一概に同様の影響を受けていると言えなかった。

(4) 解析対象期間において、鳥取県で PM2.5 の環境基準の日平均値を上回った計 5 日間について、後方流跡線解析を実施したところ、ほとんどの日で、西ノ島における噴火活動による越境流入と推測された。

今後も PM2.5 成分や質量濃度データの特性は変化していくことが想定されるため、データを精査しながら、解析精度を上げて、鳥取県内の PM2.5 濃度に大きく影響する要因や成分を把握してできるよう引き続き、取り組んでいく必要があると考えている。

5 参考文献

(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 (2011)

(2) Positive Matrix Factorization Model for Environmental Data Analyses (2023)

<https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>

(3) 環境省：微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の質量濃度及び成分測定 (手分析) 結果

<https://www.env.go.jp/air/osen/pm/monitoring.html>

(4) PM2.5 の短期的 長期的環境基準超過をもたらす汚染機構の解明 (Ⅱ型共同研究第 5 期 平成 25-27 年度報告書)

(5) NOAA Air Resources Laboratory HYSPLIT TrajectoryModel

<https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive>

(6) 海上保安庁：火山活動データベース

<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/kaiikiDB/list-2.htm>

Source Characterization of PM_{2.5} at Tottori Prefecture etc.
by Positive Matrix Factorization (PMF) Method

Takeshi YAMASHITA ,Nariaki OGAWA ,Nahoko TONO

Abstract

Regarding fine particulate matter (PM_{2.5}), each local government is conducting a survey on the mass concentration and components. This time, we analyzed source factors and their contribution ratios using the PMF method (Positive Matrix Factorization) using publicly available PM_{2.5} component analysis data in Tottori Prefecture and neighboring prefectures.

As a result of PMF analysis, in the medium to high concentration area of the San'in region, including Tottori Prefecture, sulfate factors (coal combustion systems) and sulfate factors (others) account for approximately 60% of the total, followed by nitrate factors, This was followed by the road traffic factor and the biomass/waste combustion factor. In the low concentration area, in addition to the factors confirmed in the medium to high concentration area, an industrial dust factor was newly confirmed, which was shown to be a result of understanding the source within the region.

In addition, we compared the analysis results with the analysis results for the mid-to-high concentration area in the Sanyo region, but it could not be said that they were generally affected in the same way.