

## 10 県内の揮発性有機化合物（VOC）実態調査結果

（大気環境部）

### 1 はじめに

本県は、平成28年から令和元年にかけて、4年連続で1年間のPM2.5濃度の平均値が全国で最も低い値であったことから「空気のきれいな山形県」として宣伝・観光資源への活用を進めている。

PM2.5の発生源としては、紫外線による揮発性有機化合物（VOC）の二次粒子化が、要因の一つとして知られていることから、県内のVOC発生源の実態を把握し、人為発生源に対して効果的な指導や適正使用の啓発をすることで「空気のきれいな山形県」の維持に役立つと考える。そこで本研究では、山形県におけるVOCの成分量を調査し、コンピュータ解析により発生源と影響度を推定したところ、いくつか興味深い知見が得られたので報告する。

### 2 調査の内容

VOC発生源の解析及び推定には、米国環境保護庁（U.S. EPA）から提供された多変量解析モデル、Positive Matrix Factorization（PMF）解析ソフトを使用した。PMF解析モデルは分析データだけで発生源を推定できる一方、大量の分析データが必須となる。そこでデータセットには、県内7箇所の住宅地域（図1中の●で示す）で実施した令和4年度のVOC調査結果、計128データを用いた。また、データ母数の補強や測定地点拡充のため、必要に応じて令和3年度のVOC調査結果（測定地点を図1中の○で示す）、計94データを用いた。VOC調査は、各測定地点で真空容器内に一定流量で大気を採取し、専用の装置で大気中VOCを濃縮した後、GC/MSで分析することにより実施した。なお、測定項目は有害大気汚染物質（HAPs）及び光化学反応性物質（PAMs）の標準ガスに含まれる88成分とした。

### 3 結果と考察

VOC調査の結果、測定地点間でVOC成分量に有意な差は認められなかった。一方、季節間に着目すると、他の季節と比較して、夏季は有機溶剤系VOC及び植物由来VOCの成分量が多く、冬季はLPガスに含まれるVOCの成分量が多い傾向が認められた。

続いてVOC調査で得られた結果について、以下に示す(1)～(3)の概念に基づいてPMF解析した。統計的安定性や解釈の妥当性を評価しながら何度も試行した結果、いずれも最終解に到達でき、それぞれ興味深い知見が得られた。

#### (1) 県全域解析

県内の主要なVOC発生源を把握し、指標となるVOC成分を絞り込むため、図1中の●で示す計7地点を集約してPMF解析した。VOCとしての検出率や試行中の傾向から、最終的に指標となるVOC成分を29種に限定できた。解析の結果、県内の主要なVOC発生源は9種類あり、①燃料ガス（ブタン等）、②自動車由来（オクタンやベンゼン等）、③研究で主に用いられる溶媒（ヘキサン）、④広葉樹由来（イソプレン）、⑤バックグラウンド（大気中濃度が同年ほぼ一定の成分[フ

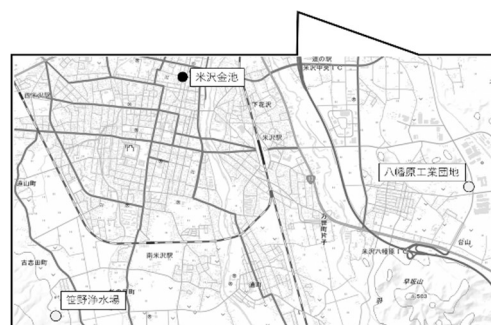
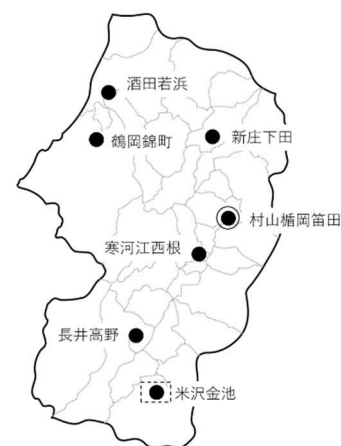


図1 PMF解析対象地点

ロン等]、⑥事業場で主に用いられる溶媒（1,2-ジクロロエタン等の塩素系溶媒）、⑦針葉樹由来（ $\alpha$ -ピネン等）、⑧家庭由来と考えられる防虫剤成分（*p*-ジクロロベンゼン）、⑨塗料の溶剤（トルエン等）であった。大気中 VOC の割合を発生源ごと大きい順に並べると、バックグラウンド（18.4%）>自動車（17.8%）>事業場（13.7%）>家庭（10.7%）>塗料（9.9%）>燃料（9.0%）>研究（7.4%）>針葉樹（6.6%）>広葉樹（6.4%）だった。各調査地点の立地状況を鑑み、それらを平準化した結果と考慮すると、概ね妥当な解析結果と考える。

### (2) 発生源周辺解析

人為発生源に対する PMF 解析結果の実用性を評価するため、村山市楯岡笛田（環境科学研究センター）における VOC 調査結果を PMF 解析した。令和 4 年度の VOC 調査結果だけではデータ数が足りず最終解に到達できなかったため、補強のため令和 3 年度の同地点における VOC 調査結果も使用した。解析の結果、当センター周辺の発生源は 6 種類あり、①バックグラウンド（フロン等）、②広葉樹（イソプレン）、③自動車（オクタン等）、④環境科学研究センター由来の VOC 成分（ヘキサン）、⑤針葉樹（ $\alpha$ -ピネン等）、⑥燃料ガス（プロパンやブタン等）であった。発生源ごと大きい順に並べると、燃料（32.5%）>バックグラウンド（17.0%）>センター由来（14.3%）>針葉樹（13.1%）>自動車（12.6%）>広葉樹（10.5%）だった。想定よりもセンターの影響率が低めだったが、有機溶媒の使用頻度を考慮すると妥当な数字と考える。一方、センター由来の VOC として導出された成分はヘキサンのみであり、ジクロロメタンやトルエン等、使用実績のある他の溶媒は相関が見られなかった。この要因として、普段ドラフトチャンバー外で大量に使用される溶媒（ヘキサン）と、ドラフト内やケミカルハザード内で一定量使用される溶媒（ジクロロメタン及びトルエン）による使用実態の違いが、解析結果に影響したと考察する。以上から、本 PMF 解析結果により、客観的なデータを示しながら「ヘキサン使用時にも有機ドラフトチャンバー内で作業すること」など一歩踏み込んだ指導・助言が出来る実用性が示された。

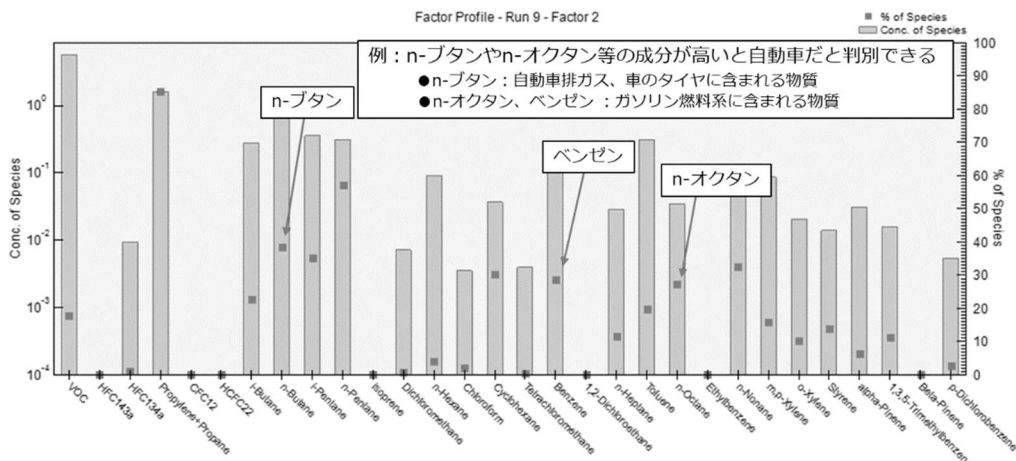


図 2 PMF 解析結果の考察例（自動車）

### (3) 米沢地域解析

上記の結果を基に、米沢市市街地周辺の VOC 発生源の実態を調査するため、図 1 中の米沢金池、笹野浄水場、八幡原工業団地における令和 3 年度及び 4 年度の VOC 調査結果を PMF 解析した。その結果、米沢市市街地周辺の発生源は 9 種類あり、①工業・研究 1（クロロホルム主体の塩素系溶媒種）、②広葉樹由来（イソプレン）、③針葉樹由来（ $\alpha$ -ピネン等）、④バックグラウンド（フロン等）、⑤燃料ガス（プロパンやブタン等）、⑥工業・研究 2（ヘキサン主体の溶媒種）、⑦自動車（オクタン等）、

⑧塗料の溶剤（トルエン等）、⑨工業・研究3（四塩化炭素主体の溶媒種）であった。発生源ごとの大きい順に並べると、バックグラウンド（19.3%）＞工業・研究3（14.7%）＞工業・研究1（14.0%）＞燃料ガス（12.9%）＞自動車（9.9%）＞広葉樹（9.6%）＞塗料（8.7%）＞工業・研究2（7.2%）＞針葉樹（3.8%）だった。工業・研究1～3と塗料の影響割合を合算すると約45%となり、米沢市市街地周辺は工業生産等に関連するVOC発生源の影響が大きい傾向にあると推定され、VOC発生量削減対策の有効性を確認した。