＜報　文＞

鳥取県の大気中揮発性有機化合物(VOC)濃度の経年変化*

坪内　一晃**・尾川　成彰**・福政　民栄**

キーワード　①有害大気汚染物質　②揮発性有機化合物　③PRTR制度　④後方流跡線解析　⑤鳥取県

要　　旨

鳥取県衛生環境研究所が実施している有害大気汚染物質モニタリング調査について，揮発性有機化合物(VOC)に該当する11物質の2013年度から2024年度の12年間の大気中濃度の年間平均値の推移を調査した。調査地点の１つである米子市においてジクロロメタン，トルエン，テトラクロロエチレンが他の調査地点よりも高濃度となった調査年度があり，この3物質について，PRTR制度で公表されている当該物質の排出届出事業所の情報と，後方流跡線解析を用いて鳥取県内への大気の流入経路を調査した。米子市でのジクロロメタンとトルエンについては，調査地点周辺に存在する排出事業所の影響による可能性が示唆されたが，テトラクロロエチレンについては高濃度となった原因を推測することができなかった。

1. はじめに

大気汚染防止法に定められる有害大気汚染物質は，低濃度ではあるが長期曝露によって人の健康を損なうおそれのある大気中の物質群として定義される。平成8年10月に行われた中央環境審議会答申（第二次答申）で「有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質」と，その中でも健康リスクがある程度高いと考えられる「優先取組物質」がリスト化され，平成22年10月の中央環境審議会答申（第九次答申）で有害大気汚染物質248物質，うち優先取組物質23物質に改められた[1]。

揮発性有機化合物(以下「VOC」という)は，大気中で気体状となる有機化合物の総称であり，ベンゼン，トルエン，キシレンなど多種多様な化合物が存在する。優先取組物質23物質のうちVOCに該当するものは11物質ある。この11物質のうちトルエンを除く10物質は環境基準値や指針値が設定されている。現在は環境基準値，指針値どちらも未設定の物質も，今後の見直しにより新たに環境基準値または指針値が設定される可能性がある。

鳥取県衛生環境研究所では大気汚染防止法に基づいて1998年度から有害大気汚染物質モニタリング調査を実施している。本報ではこれらのデータのうち2013年度から2024年度の12年間について，データの再解析・集計を実施し，VOC11物質のモニタリング調査結果の年間平均値の推移並びに特定の地点のみ高濃度となった事例とその原因についての考察を報告する。

2. 調査方法

2.1 調査地点及び期間

鳥取県で実施している有害大気汚染物質モニタリング調査は，鳥取県が設置した環境大気測定局で実施している。対象とした調査地点は図1に示した，環境省が定めた「有害大気汚染物質モニタリング指針」[2]にて「一般環境」に分類される地点とした。調査期間は再解析可能な測定データが残されていた2013年4月から2025年3月までとした。

なお，鳥取市は2018年度に中核市に移行したため，2018年度以降の鳥取市での調査結果は，鳥取市が実施し環境省へ報告し公表された結果を用いた。

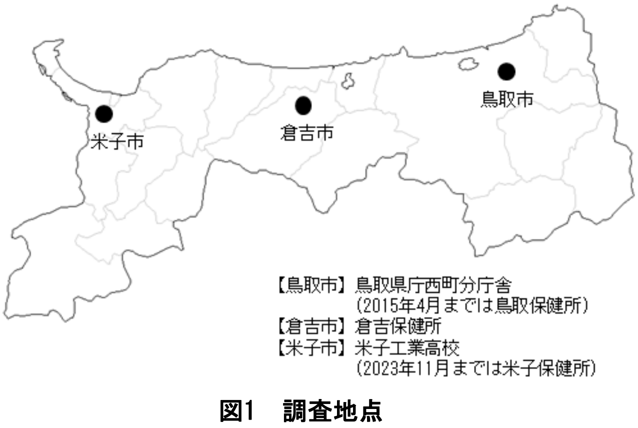

図1　調査地点

---

*A Chronological Trend of Atmospheric Concentrations of Volatile Organic Compounds(VOC) in Tottori
**Kazuaki Tsubouchi, Nariaki Ogawa, Tamihide Fukumasa（鳥取県衛生環境研究所）Tottori Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

2.2 調査方法

試料採取，前処理及び機器測定については，環境省が定めた「有害大気汚染物質等測定方法マニュアル」[3]に従って実施した。キャニスターを用いた試料採取を毎月1回，24時間かけて実施し，捕集した試料は大気自動濃縮-ガスクロマトグラフ質量分析計により測定した。

2.3 測定対象物質

測定対象物質については表1に示す。環境基準値(指針値)が設定されている物質についてはその値も示した。

表1　測定対象物質

物質名	環境基準値（指針値）
ベンゼン	3　$\mu g/m^3$
トリクロロエチレン	130　$\mu g/m^3$
テトラクロロエチレン	200　$\mu g/m^3$
ジクロロメタン	150　$\mu g/m^3$
アクリロニトリル	(2　$\mu g/m^3$)
塩化ビニルモノマー	(10　$\mu g/m^3$)
クロロホルム	(18　$\mu g/m^3$)
1,2-ジクロロエタン	(1.6　$\mu g/m^3$)
1,3-ブタジエン	(2.5　$\mu g/m^3$)
塩化メチル	(94　$\mu g/m^3$)
トルエン	-

2.4 排出事業所の調査

鳥取県内および中国地方周辺に存在する排出事業所の情報，当該物質の大気中への排出量については，特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（以下「PRTR法」という）で公表されている届出事業所の情報を調査した[4]。

2.5 後方流跡線解析

調査地点への大気の流入経路については，地球環境データベース(GED)が提供する流跡線解析(METEX)[5]で後方流跡線解析を実施した。パラメータを表2に示す。

表2　後方流跡線解析パラメータ

到達点	各調査地点
計算期間	毎月の試料採取日(24時間)
計算間隔	3時間間隔で計8回
地上からの高度	100，500，1000 m
移動経路算出モデル	3次元(kinematic法)

3. 調査結果及び考察

3.1 VOC濃度の年間平均値の推移

鳥取市，倉吉市，米子市の「一般環境」地点におけるVOC11物質について，2013年度から2024年度までの大気中濃度(年間平均値)を表3から表5に示す。鳥取市の2018年度以降のデータは，環境省から発表されている有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告[6]を参照した。

トルエンを除く10物質の年間平均値については，いずれの地点も調査期間中に環境基準値，指針値どちらも超過しなかった。

測定対象物質の大気中濃度の推移について地点ごとで比較したところ，鳥取市と倉吉市では調査期間中は，概ね横ばいまたは少しずつ減少していく傾向が見られた。一方，米子市では，ジクロロメタンは調査期間の前半，トルエン，テトラクロロエチレンは全期間に及び，鳥取市と倉吉市と比較して，高濃度となっていた。

米子市で高濃度となった3物質について，それぞれ物質ごとに年間平均値の推移の確認と，米子市において高濃度となった原因について考察した。

表3 鳥取市(一般環境)での大気中VOC濃度の年間平均値(単位　$\mu g/m^3$)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
塩化メチル	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.2	1.4
塩化ビニルモノマー	0.018	0.0058	0.021	0.013	0.0065	0.013	0.0073	0.0056	0.0080	0.0042	0.0050
1,3-ブタジエン	0.049	0.047	0.036	0.038	0.026	0.029	0.010	0.024	0.026	0.0044	0.016
アクリロニトリル	0.027	0.011	0.020	0.015	0.010	0.011	0.0041	0.010	0.0080	0.0047	0.0070
ジクロロメタン	0.81	0.56	0.54	0.61	0.63	0.62	0.66	0.80	0.73	0.66	0.60
クロロホルム	0.18	0.12	0.16	0.18	0.18	0.15	0.17	0.19	0.15	0.12	0.13
1,2-ジクロロエタン	0.19	0.093	0.13	0.12	0.16	0.13	0.17	0.20	0.11	0.087	0.13
ベンゼン	0.74	0.49	0.58	0.65	0.44	0.45	0.44	0.53	0.49	0.42	0.38
トリクロロエチレン	0.072	0.075	0.074	0.080	0.034	0.070	0.075	0.077	0.054	0.027	0.031
トルエン	1.6	1.5	1.1	1.4	1.2	1.0	0.89	1.2	0.77	1.2	0.79
テトラクロロエチレン	0.048	0.029	0.035	0.039	0.028	0.027	0.030	0.035	0.017	0.010	0.011

表4 倉吉市(一般環境)での大気中VOC濃度の年間平均値(単位　μg/m³)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
塩化メチル	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.6	1.4
塩化ビニルモノマー	0.015	0.006	0.024	0.013	0.010	0.016	0.0088	0.0064	0.0035	0.0094	0.013	0.0087
1,3-ブタジエン	0.055	0.089	0.047	0.042	0.036	0.041	0.044	0.038	0.031	0.024	0.032	0.023
アクリロニトリル	0.043	0.016	0.021	0.016	0.010	0.019	0.017	0.021	0.027	0.048	0.072	0.047
ジクロロメタン	0.67	0.40	0.50	0.53	0.58	0.52	0.62	0.67	0.62	0.55	0.73	0.79
クロロホルム	0.19	0.13	0.16	0.18	0.19	0.16	0.18	0.19	0.17	0.16	0.18	0.21
1,2-ジクロロエタン	0.19	0.09	0.13	0.12	0.17	0.15	0.19	0.20	0.13	0.11	0.20	0.21
ベンゼン	0.81	0.53	0.58	0.66	0.51	0.49	0.52	0.57	0.53	0.45	0.57	0.61
トリクロロエチレン	0.042	0.025	0.032	0.026	0.024	0.030	0.031	0.039	0.033	0.034	0.029	0.028
トルエン	2.0	1.5	1.4	1.8	1.2	0.9	1.4	1.8	1.2	1.1	1.4	1.1
テトラクロロエチレン	0.058	0.027	0.032	0.034	0.030	0.025	0.031	0.032	0.030	0.027	0.025	0.029

表5 米子市(一般環境)での大気中VOC濃度の年間平均値(単位　μg/m³)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
塩化メチル	1.7	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.3	1.6	1.5	1.5	1.7	1.5
塩化ビニルモノマー	0.019	0.0044	0.023	0.014	0.0085	0.010	0.0061	0.0077	0.0034	0.011	0.019	0.011
1,3-ブタジエン	0.070	0.067	0.055	0.051	0.060	0.047	0.037	0.041	0.049	0.030	0.037	0.036
アクリロニトリル	0.025	0.016	0.017	0.019	0.0015	0.012	0.010	0.015	0.017	0.030	0.047	0.043
ジクロロメタン	3.1	2.7	0.91	0.58	0.62	0.48	0.60	0.75	0.62	0.55	0.82	0.80
クロロホルム	0.19	0.14	0.18	0.18	0.19	0.15	0.19	0.20	0.16	0.16	0.19	0.25
1,2-ジクロロエタン	0.20	0.10	0.13	0.13	0.17	0.14	0.17	0.23	0.13	0.12	0.21	0.20
ベンゼン	0.80	0.54	0.60	0.71	0.55	0.55	0.52	0.58	0.54	0.50	0.63	0.66
トリクロロエチレン	0.053	0.036	0.048	0.047	0.054	0.057	0.057	0.089	0.10	0.10	0.070	0.052
トルエン	7.2	4.5	2.7	4.3	3.5	3.9	2.6	3.2	4.2	3.2	2.3	2.0
テトラクロロエチレン	0.18	0.13	0.085	0.11	0.10	0.072	0.059	0.065	0.057	0.085	0.060	0.030

3.2 ジクロロメタン

鳥取市，倉吉市，米子市3地点でのジクロロメタンの大気中濃度について，調査期間中の経年変化を図2に示す。

米子市では2013年度から2014年度は，他の2地点よりも高濃度となり，2015年度は大きく減少し，2016年度以降は他の地点と同じ濃度で推移している。

鳥取県内でPRTR制度の届出排出事業所の情報を調べたところ，米子市の調査地点から南側へ約10 km離れた箇所に，ジクロロメタンを大気中に排出していた事業所が存在することが分かった。この事業所の大気中へのジクロロメタン排出量を調べたところ，2013年度から2014年度の年間排出量は82,000～88,000 kg，2015年度の年間排出量は19,000 kgに減少，その後2016年度以降は排出していないことが分かった(図3)。

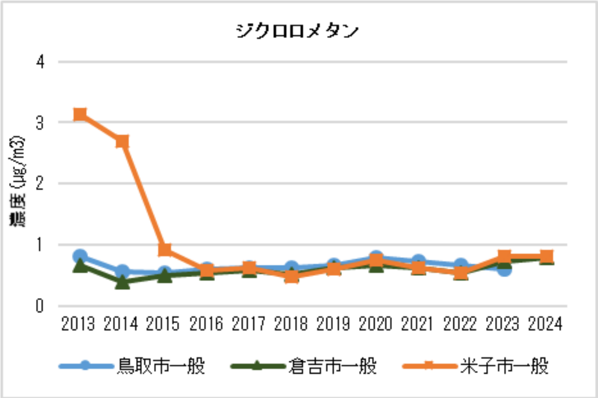

図2　ジクロロメタン大気中濃度の経年変化

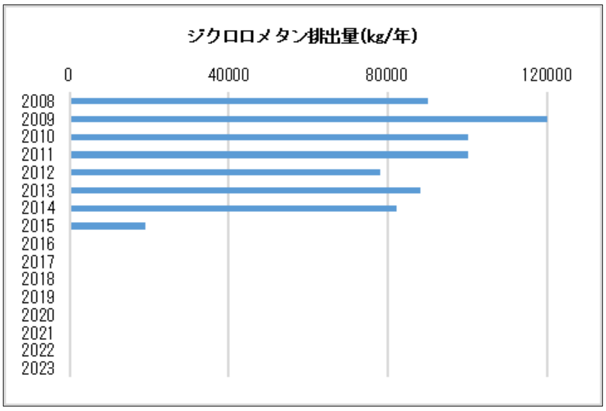

図3　事業所のジクロロメタン大気排出量の経年変化

これらのことから，2013年度から2015年度の調査時の米子市のジクロロメタンの高濃度は，この事業所の排出の影響による可能性が示唆された。

3.3 トルエン

鳥取市，倉吉市，米子市3地点でのトルエンの大気中濃度について，調査期間中の経年変化を図4に示す。

米子市では，調査期間を通して他の2地点よりもトルエンが高濃度となっているが，2021年度以降は減少傾向が見られ，直近の2024年度では調査期間中で最も低い濃度となった。

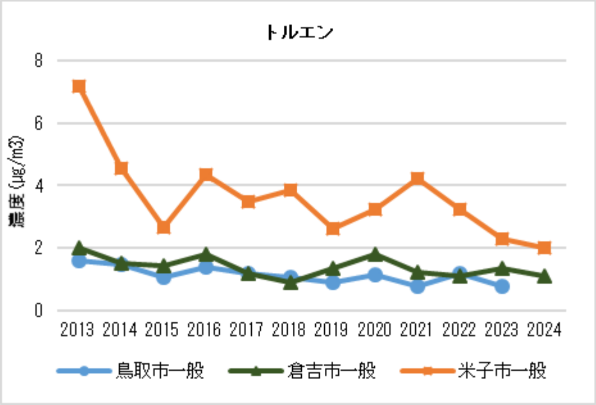

図4　トルエン大気中濃度の経年変化

PRTR制度の届出排出事業所の情報を調べたところ，調査地点から西側に約200 m離れた箇所と，南側に約100 m離れた箇所にトルエンを排出していた事業所が2件あることが分かった。これらの事業所を，それぞれ「事業所A」，「事業所B」とする。

事業所A，Bの大気中へのトルエンの排出量について併せて調べたところ，図5のとおりであった。事業所Aでは，2013年度の年間排出量は1,700 kg，その後少しずつ減少し，2020年度は1,200 kgまで減少した。その後，2021年度以降は排出していない。事業所Bでは，2010年度の年間排出量は92 kg，その後少しずつ減少し，2023年度には48 kgまで減少した。

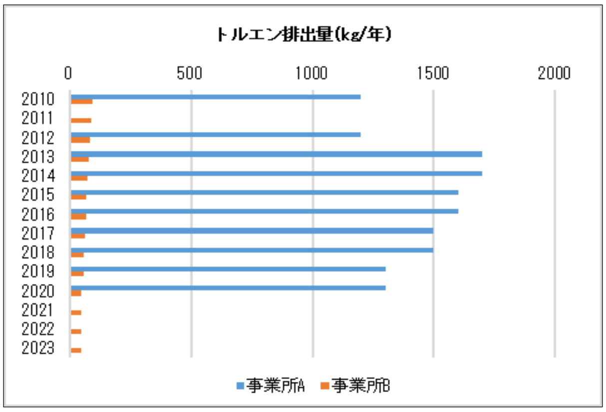

図5　事業所A，Bのトルエン大気排出量の経年変化

これらのことから，米子市のトルエンの大気中濃度が高くなった原因として，2件の事業所，特にトルエンの排出量が多い事業所Aの影響による可能性が示唆された。ただし，事業所Aがトルエンを排出していない2021年度以降も，減少傾向ではあるが，米子市が他の2地点よりも高濃度となっている。原因は特定できていないが，事業所Aよりも調査地点近傍にある事業所Bの排出による影響，PRTR制度で届出されていない小規模な事業所が近傍に存在している，調査地点近辺を走行する自動車の排ガスによる影響などが可能性として考えられる。

3.4 テトラクロロエチレン

鳥取市，倉吉市，米子市3地点でのテトラクロロエチレンの大気中濃度について，調査期間中の経年変化を図6に示す。

環境基準値「200 μg/m^3」に対してかなり低濃度ではあるが，テトラクロロエチレンも他の物質と同様に，調査期間を通して米子市が他の2地点よりも高濃度となる年度が続いている。直近の2024年度では調査期間中で最も低い濃度まで下がった。

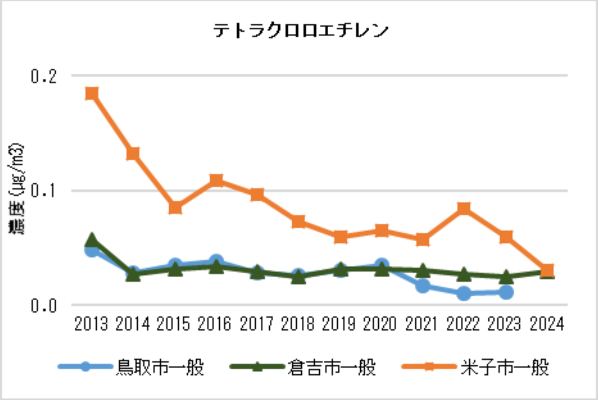

図6　テトラクロロエチレン大気中濃度の経年変

PRTR制度の情報を調べたが，鳥取県内では届出排出事業所を確認できなかったため，調査範囲を広げ，中国地方周辺で調べたところ，瀬戸内海周辺にテトラクロロエチレンを大気中に排出している事業所が複数存在することが分かった(図7)。

図7　排出事業所が存在するエリア(赤枠内)
(国土地理院の地図を加工)

次に調査期間中に米子市のテトラクロロエチレンの濃度が最も高くなった2013年度について，季節ごとの鳥取県内への大気の流入経路を調査するために5月，8月，11月，2月を選出し，その月の米子市と倉吉市の試料採取日の後方流跡線解析を実施した。後方流跡線解析のパラメータは表2に示したとおりである。

2013年度の5月，8月，11月，2月の試料採取日の後方流跡線解析の結果について，米子市での解析結果を図8，倉吉市の解析結果を図9に示す。地上からの高度を3種類(100，500，1000 m)で解析を実施したが，結果に大きな違いが見られなかったため，本報には1000 mでの解析結果を図に示す。米子市と倉吉市の解析結果を比較したところ，2地点とも同様の大気流入経路を示した。

5月，11月，2月は中国大陸側から鳥取県内に流入し，8月は南側から九州地方や瀬戸内海周辺を通過して鳥取県内に流入していることが分かった。8月は米子市と倉吉市どちらも図7に示した排出事業所の存在する瀬戸内海周辺を通過しているにも関わらず，テトラクロロエチレンの濃度は米子市のみが高くなっていることから，瀬戸内海周辺の事業所の影響による可能性は低いことが示唆された。

米子市と倉吉市は，1年間のうち夏を除いたほとんどの期間で中国大陸側からの大気の流入があることが分かったが，米子市のテトラクロロエチレンの濃度は倉吉市と比較して高いため，後方流跡線解析が示した越境大気の流入による汚染が原因である可能性は低いことが考えられる。

テトラクロロエチレンはドライクリーニングの溶剤，金属製品の洗浄などに使用されている。図7に示した瀬戸内海周辺の事業所の多くは金属製造や加工の事業所で

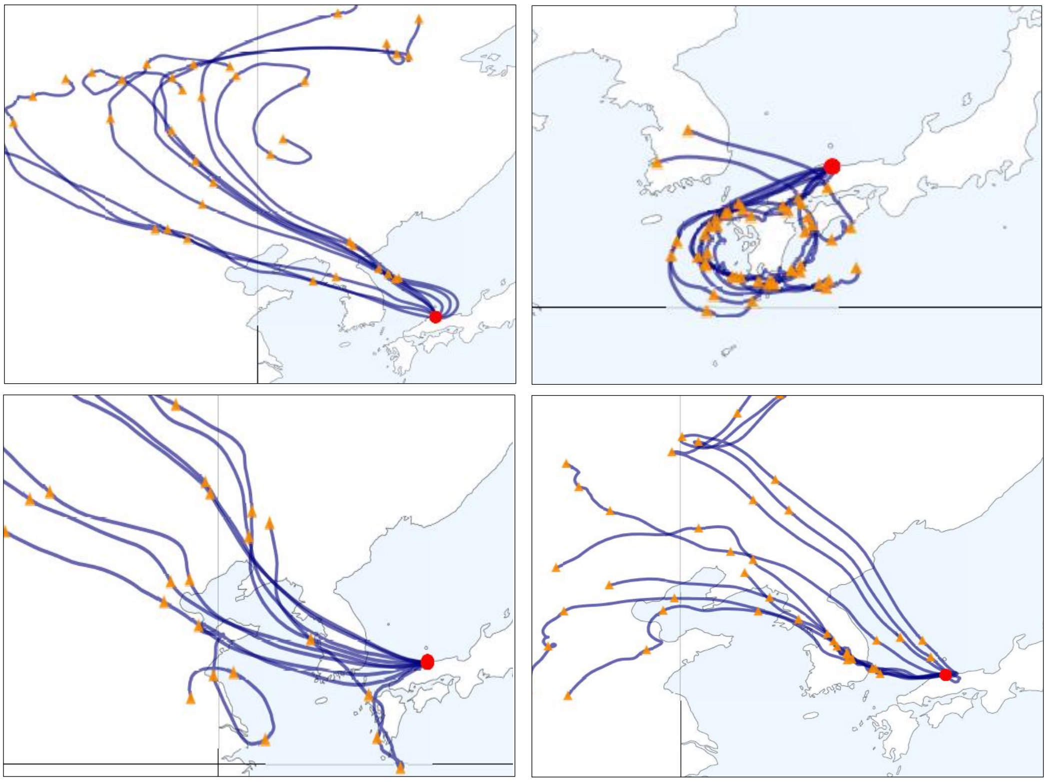

図8 米子市での後方流跡線解析(左上から2013年5月，8月，11月，2014年2月)

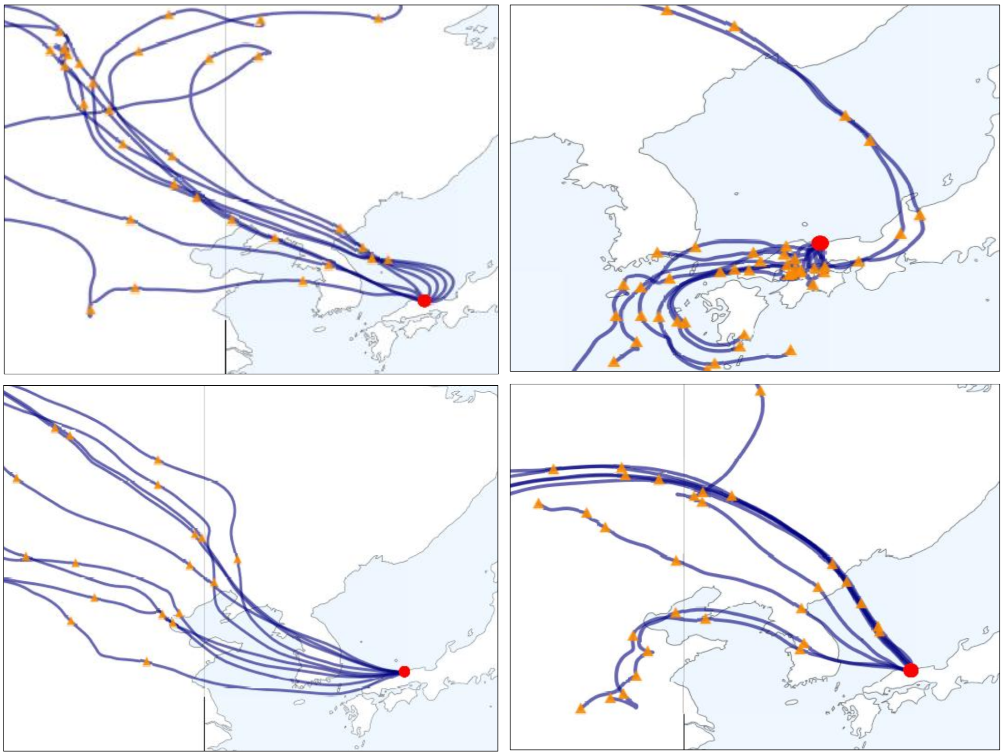

図9 倉吉市での後方流跡線解析(左上から2013年5月，8月，11月，2014年2月)

あることが分かった。一方，クリーニング事業所については，PRTR制度の情報からは，鳥取県内及び中国地方周辺では排出している事業所を確認できなかった。

以上のことから，PRTR制度の情報と後方流跡線解析による大気流入経路の調査では，米子市でのテトラクロロエチレンが高濃度となった原因を推測できなかった。

今後は他の調査年度についても同様の調査を実施するほか，他の測定対象物質との相関性の確認，PRTR制度以外の情報から鳥取県内の事業所を調査するなど，引き続き原因について調査していきたい。

4. まとめ

有害大気汚染物質モニタリング調査として実施しているVOC11物質の調査結果について，2013年度から2024年度の鳥取県内の「一般環境」地点での年間平均値は，いずれ地点において環境基準値または指針値を超過した物質はなかった。米子市において，ジクロロメタン，トルエン，テトラクロロエチレンが他の地点よりも高濃度を示した年度があった。これら3つの物質について，PRTR制度で公表されている届出事業所の情報と，後方流跡線解析による越境大気の流入経路を調べた。

PRTR制度の届出事業所の情報から，ジクロロメタンは約10 km，トルエンは約100～200 m離れた箇所に存在する事業所の排出による影響が示唆された。テトラクロロエチレンについては，鳥取県内の排出事業所の情報はなく，後方流跡線解析による大気流入経路も調べたが，高濃度となった原因を推測することができなかった。

鳥取県内の有害大気汚染物質の大気中濃度は，周辺の事業所からの排出，越境大気の流入による影響を受けるため，今後も調査を継続して実施していく予定である。

5. 引用文献

1)　環境省：中央環境審議会大気環境部会「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について（第九次答申）」について，https://www.env.go.jp/press/13040.html（2025.7.29アクセス）

2)　環境省：有害大気汚染物質モニタリング指針，https://www.env.go.jp/hourei/04/000145.html（2025.7.29アクセス）

3)　環境省：有害大気汚染物質等測定方法マニュアル，https://www.env.go.jp/air/osen/manual2/（2025.7.29アクセス）

4)　環境省：PRTRインフォメーション広場，https://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html（2025.7.30アクセス）

5)　国立環境研究所：地球環境データベース(GED)，https://db.cger.nies.go.jp/ged/metex/ja/index.html（2025.7.14アクセス）

6)　環境省：有害大気汚染物質モニタリング調査結果，https://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/index.html（2025.7.29アクセス）