資料

福井県における揮発性有機化合物の実態について

竹内靖子・吉川昌範

Actual State of Cocentration of Volatile Organic Compounds in Fukui Prefecture

Yasuko TAKEUCHI, Masanori YOSHIKAWA

１．はじめに

福井県では、大気汚染防止法第 18 条第 39 項に基づき県内 5 地点（平成 30 年度末現在）において大気中の有害大気汚染物質濃度の測定を毎月 1 回（24 時間採取）行っている。

有害大気汚染物質とは、大気汚染防止法第 2 条第 15 項で「継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある物質で大気の汚染の原因となるもの」と定義され、有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質として、現在は 248 物質が示されており、このうち、健康リスクがある程度高いと考えられる 23 物質は「優先取組物質」として選定されている。

本報では、優先取組物質のうち揮発性有機化合物（以下「VOC」という。）である表 1 に示す 11 物質について、平成 14 年度から平成 29 年度までの 16 年間の測定結果をとりまとめ、経年変化、経月変化や PRTR※1（化学物質排出移動量届出制度）データから濃度変動の要因を検討した結果について報告する。

※1　PRTR（Pollutant Release and Transfer Register）とは、有害性のある多種多様な化学物質が、どのような発生源から、どれくらい環境中に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外に運び出されたかというデータを把握、集計および公表する仕組み

２．環境基準値および指針値

環境基準とは、環境基本法に基づき設定される、人の健康を保護し、および生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準であり、VOC では表 1 の 4 物質で設定されている。

指針値とは、有害性評価に係るデータの科学的信頼性において制約がある場合も含めて検討された、環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値であり、現に行われている大気モニタリングの評価に当たっての指標や事業者による排出抑制努力の指標としての機能を果たすことが期待されるものであり、VOC では表 1 の 5 物質で設定されている。

２．１　調査物質

表 1 に示す 11 物質

表 1 環境基準および指針値（μg/m^3）

優先取組物質 （VOC 11 物質）	環境基準，（）は指針値
ベンゼン	3
トリクロロエチレン	130
テトラクロロエチレン	200
ジクロロメタン	150
アクリロニトリル	(2)
塩化ビニルモノマー	(10)
クロロホルム	(18)
1,2-ジクロロエタン	(1.6)
1,3-ブタジエン	(2.5)
塩化メチル	設定なし
トルエン	設定なし

３．調査方法

３．１　調査地点

調査地点を表 2、図 1 に示す。

表 2 調査地点一覧

測定局	属性	所在地	調査年度
①福井	一般環境	福井市豊島 2 丁目 5-26	H 9 ～ H30
②和久野	一般環境	敦賀市新和町 2 丁目 33-1	H 9 ～
③神明	固定発生源周辺	鯖江市水落町 4 丁目 13-23	H26 ～
④三国	固定発生源周辺	坂井市三国町山岸 31-1	H 9 ～
⑤自排福井	沿道	福井市下六条町 17 字立原 2	H23 ～ H30

図１　調査地点

３．３　分析方法等

採取方法および分析方法は環境省が提示する「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」[1]に準拠した。

４．調査結果

４．１　年平均値の経年変化

図 4-（1）～（11）に年平均値の経年変化を示す。特徴的な変動がみられた物質については、福井県内の PRTR データ等との関連性を調査した。図中に地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果の全国平均値を併せて示す。なお、環境基準および指針値を超過したものはなかった。

(1)ベンゼン

ベンゼンの濃度は、平成 19 年度から全ての測定局で減少傾向がみられ、全国平均値を下回るか同程度で推移している。また、周辺交通量の多い市街地の福井局、和久野局、自排福井局と三国局の濃度差は、平成 19 年度から徐々に縮小している。

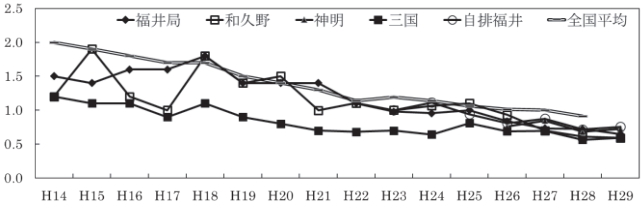

図 4-（1）　ベンゼンの経年変化（μg/m^3）

PRTR データによると、ベンゼンは届出外排出量※2 が多く、自動車排ガスが主発生源である [2]。このため、周辺交通量の多い測定局は自動車排ガスの影響を受けることが考えられる。

PRTR データによると、ベンゼンの届出外排出量は平成 19 年度頃から減少しており、排出源別にみると自動車からの排出量が減少している（図 4-（1）-a）。このことから、平成 19 年度頃からのベンゼン濃度の減少は、自動車排ガスの影響の減少によるものと考えられる。なお、ガソリン中のベンゼンの許容限度は、平成 12 年 1 月に法改正 [3]があり、5 体積%以下から 1 体積%以下に低減されている。

※2　PRTR 制度で届出が義務付けられている対象事業者から届けられた排出量以外の環境への排出量

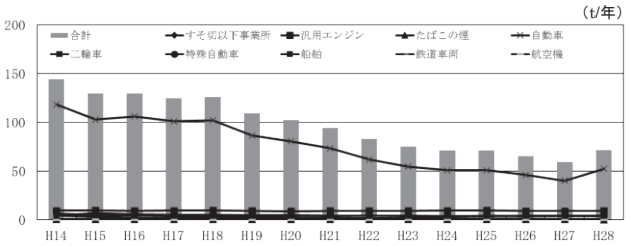

図 4-（1）-a ベンゼンの排出源別届出外排出量の推移

さらに、自動車に係るベンゼンの排出量内訳（図 4-（1）-b）をみると、ホットスタート時による排出量が減っており、コールドスタート時の排出量は緩やかに減少傾向にあった。コールドスタートは、触媒※3 が冷えた状態で走行を始めた時の増加分であり、これが減少傾向にあるのは、排気後処理装置の性能向上やエンジンの高精度化が考えられる。実際に、2000 年前後の車はよほどの寒冷地でない限りは暖機運転が必要ないとされている。ホットスタートは、触媒が十分加熱した状態で走行している時の増加分であり、ホットスタートにおける排出量が減少しているのも、排気後処理装置の性能向上やエンジンの高精度化が考えられる。

※3　排気後処理装置の排気経路に取り付けられるもので、排ガス成分を浄化するために使用されている。触媒温度が十分に上昇しない状態で走行すると触媒能が低下し、排ガス中の有害成分の排出量や組成が大きく変わる。

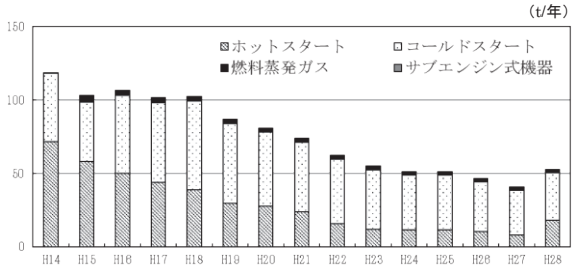

図 4-（1）-b ベンゼンの排出源別届出外排出量の推移

(2)トリクロロエチレン

トリクロロエチレンの濃度は、全ての測定局で顕著な変動はみられず、全国平均値を下回るか同程度で推移している。平成 26 年度から調査を開始した神明局の濃度は、その他の測定局および全国平均値の 3 倍から 4 倍程度上回っている。

トリクロロエチレンは、主に金属・機械系の製造業で脱脂洗浄剤として使われ [2]、PRTR データによると、トリクロロエチレンの排出量は、平成 24 年度以降、全てが PRTR 届出対象外※4 の事業所による届出外排出量である（図 4-（2）-a）。このことから、神明局は、周辺のトリクロロエチレンを排出する PRTR 届出対象外の事業所からの影響が示唆される。

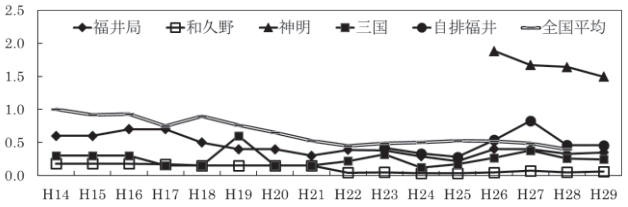

図 4-（2）トリクロロエチレンの経年変化（μg/m³）

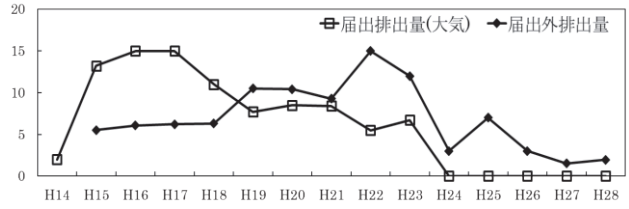

図 4-（2）-a トリクロロエチレンの排出量の推計（t/年）

※4　届出が必要な業種には該当するが、従業員数や対象化学物質の取扱量が少ないといった理由から、PRTR 制度で届出を行うことが義務付けられていない事業者。これらの排出量は届出外排出量として推計で公表される。

(3)テトラクロロエチレン

テトラクロロエチレンの濃度は、全ての測定局で平成 24 年度までは顕著な変動はみられず、全国平均値の概ね半分以下で推移している。平成 25 年度からは、福井局、和久野局が以前と同様の濃度で推移している一方、三国局、自排福井局ではやや増加傾向にあり、全国平均値を上回って推移している。また、平成 26 年度から調査を開始した神明局は、全国平均値を上回っている。

なお、やや増加傾向にある 2 局と他の測定局との濃度差は、平成 24 年度まで 2 倍程度であったが、平成 25 年度以降は 4 倍に拡がっている。

テトラクロロエチレンは、金属・機械系の製造業で脱脂洗浄剤として使われるほか、洗濯業（クリーニング店）でドライクリーニング溶剤として使われる [2]。PRTR データによると、テトラクロロエチレンの排出量は、届出のあった坂井市の化学工業所 1 件からの排出と PRTR 届出対象外の事業所が排出する届出外排出量でほぼ占められている。平成 25 年度以降の排出量に顕著な変動はみられないことから、排出量と濃度変動の関連性は確認されなかった（図 4-（3）-a）。

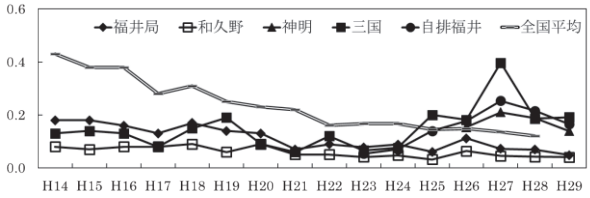

図 4-（3）テトラクロロエチレンの経年変化（μg/m³）

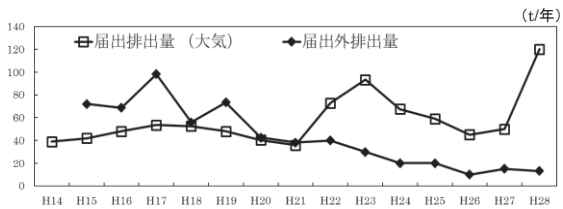

図 4-（3）-a テトラクロロエチレンの排出量の推移

年平均値の増加に特定の月の濃度が影響していないかを確認するために、三国局、自排福井局の平成 23 年度から平成 29 年度までの経月変化をみた。その結果、三国局は年平均値の高かった平成 27 年度は、毎月の濃度も全般的に増加しており、年平均値に特定の月の濃度が影響していることはなかった（図 4-（3）-b）。一方、自排福井局は年平均値の高かった平成 27 年度は、12 月、1 月に高くなる傾向がみられた（図 4-（3）-c）。なお、今後とも、データを蓄積しながら増加要因を検討していきたい。

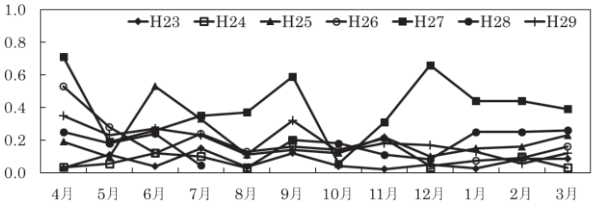

図 4-（3）-b 三国局の経月変化（μg/m³）

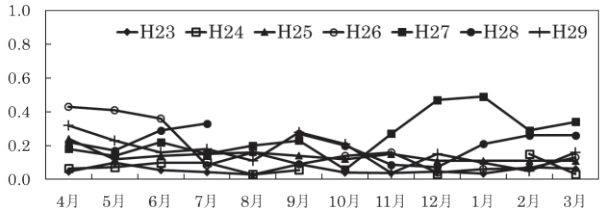

図 4-（3）-c 自排福井局の経月変化（μg/m³）

(4)ジクロロメタン

ジクロロメタンの濃度は、福井局で平成 18 年度から減少傾向にあり、全国平均値を下回るか同程度で推移している。和久野局、三国局は顕著な変動はみられず、全国平均値を下回って推移している。自排福井局は、平成 26 年度に減少した以外は全国平均値と同程度で推移している。なお、平成 26 年度から調査を開始した神明局は、全国平均値を 2 倍程度上回っている。

濃度が減少傾向にある福井局と低濃度の和久野局や三国局との濃度差は、平成 14 年度に 4 倍程度であったが、平成 28 年度には 2 倍程度にまで縮小している。

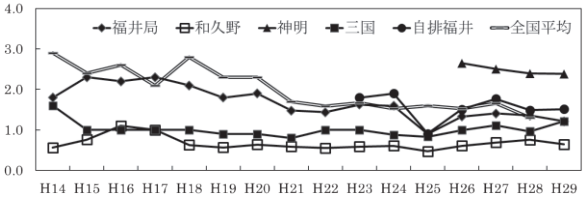

図 4-（4）ジクロロメタンの経年変化（μg/m³）

ジクロロメタンは、金属・機械系の製造業で脱脂洗浄剤として使われる他、油脂、ワックス等の溶剤等として使われる [2]。PRTR データによると、平成 18 年度から福井市内の届出排出量が減少傾向にあることから、福井局の変動要因の一つとして排出量の減少が考えられる（図 4-（4）-a）。また、平成 27、28 年度の大気中への市町別の届出排出量については、鯖江市の事業所が約 70 %を占めていた（図 4-（4）-b）。このことから、神明局が他の測定局よりも高い要因として、これらの排出源からの影響を受けている可能性が考えられる。

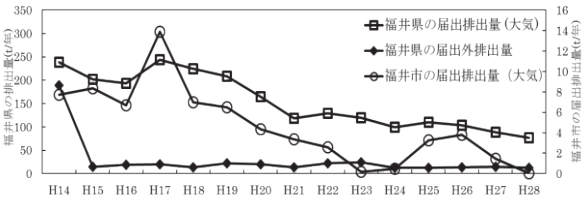

図 4-（4）-a ジクロロメタンの排出量の推移

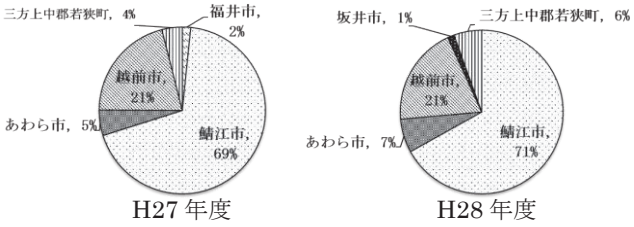

図 4-（4）-b 市町別のジクロロメタンの届出排出量（大気）

(5)アクリロニトリル

アクリロニトリルの濃度は、全ての測定局で平成 24 年度まで顕著な変動はみられず、全国平均値を大きく下回って推移している。平成 25 年度からは、福井局、和久野局が以前と同様の濃度で推移している一方、三国局、自排福井局で全国平均値に近づくような変動をしている。なお、平成 25 年度から調査を開始した神明局は、全国平均値を下回っている。

また、平成 25 年度から変動のある 2 局と他の測定局との濃度差は、平成 24 年度まではほとんどなかったが、平成 25 年度以降は 4 倍程度になっている。

アクリロニトリルは、主に化学工業、プラスチック製品製造業等において、アクリル系合成繊維等の主原料として使用される[2)]が、PRTR データによると県内での排出量は僅かである。

年平均値の増加に特定の月の濃度が影響していないかを確認するために、三国局、自排福井局の平成 23 年度から平成 28 年度の経月変化をみた。その結果、年平均値に特定の月の濃度が影響していることはなかった（図 4-（5）-a、b）。なお、今後とも、データを蓄積しながら増加要因を検討していきたい。

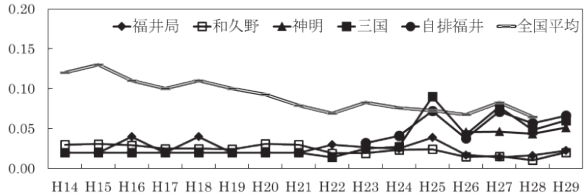

図 4-（5）アクリロニトリルの経年変化（μg/m³）

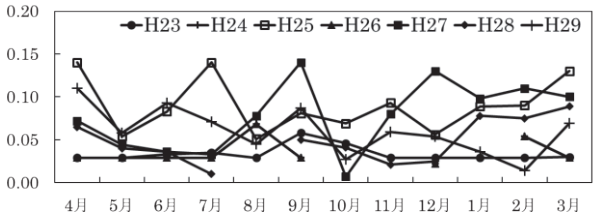

図 4-（5）-a 三国局の経月変化（μg/m³）

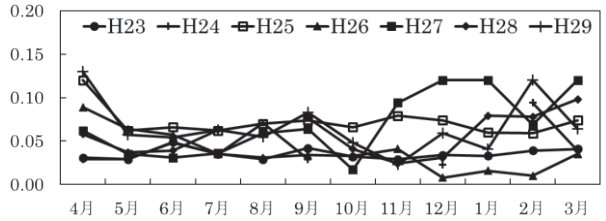

図 4-（5）-b 自排福井局の経月変化（μg/m³）

(6)塩化ビニルモノマー

塩化ビニルモノマーの濃度は、福井局で平成 17 年度までは増加傾向にあり、全国平均値を上回っていたが、その後、減少傾向になり平成 20 年度からは全国平均値と同程度で推移している。その他の測定局は、平成 27 年度に増加したことを除いては、平成 14 年度から緩やかな減少傾向にあり、全国平均値を下回るか同程度で推移していた。また、平成 26 年度から調査を開始した神明局は、全国平均値を 2 倍程度上回っている。なお、測定局間の濃度差は、2 倍から 5 倍程度で変動している。

塩化ビニルモノマーは、主に化学工業でプラスチックの主原料として使用され、主に下水汚泥処理施設から大気への排出がある[2)]。PRTR データによると、届出排出量の全てが越前市の事業所からであり、測定局周辺には届出対象事業所がないことから、濃度変動と排出量の関連性は確認されなかった（図 4-（6）-a）。

年平均値の増加に特定の月の濃度が影響していないかを確認するために、三国局、自排福井局の平成 25 年度から平成 28 年度の経月変化をみた。その結果、三国局、自排福井局ともに春季から夏季の濃度はほとんど変動がなく、変動のある秋季から冬季の濃度が年平均値の増加に影響していると考えられる（図 4-（6）-b、c）。

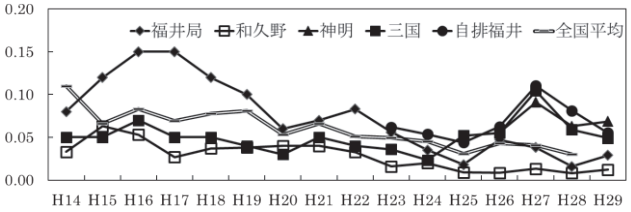

図 4-（6）塩化ビニルの経年変化（μg/m³）

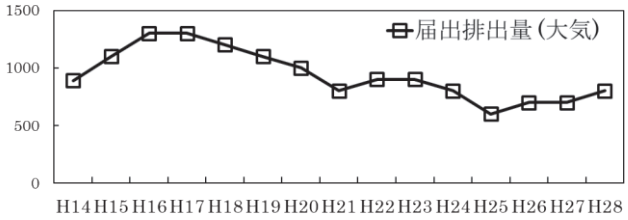

図 4-（6）-a 塩化ビニルの排出量の推移（kg/年）

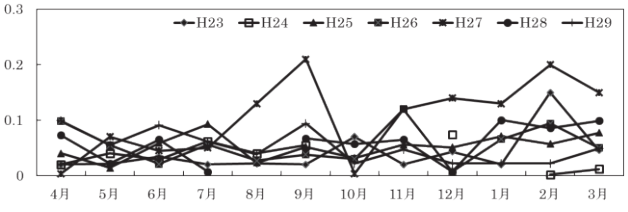

図 4-（6）-b 三国局の経月変化（μg/m³）

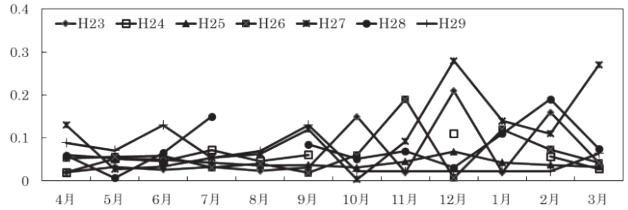

図 4-（6）-c 自排福井局の経月変化（μg/m³）

(7)クロロホルム

クロロホルムの濃度は、福井局、和久野局で顕著な変動はみられず、全国平均値を下回って推移している。三国局、自排福井局は、平成 25 年度頃からは、全国平均値を上回るか同程度で推移している。なお、平成 25 年度から調査を開始した神明局は、全国平均値と同程度である。なお、測定局間の濃度差は、最大 6 倍程度で変動している。

クロロホルムは、浄水場やプール等において塩素消毒の過程で揮発するほか、溶剤として使用され、合成原料、医薬品としても使用される [2]。PRTR データによると、クロロホルムの排出量は、届出のあった坂井市の事業所からの排出が大部分を占めており、平成 25 年度から届出排出量は増加傾向にある。このことから、三国局の変動要因の一つとして排出量の増加が考えられる（図 4-（7）-a）。

年平均値の増加に特定の月の濃度が影響していないかを確認するために、三国局、自排福井局の平成 21 年度から平成 28 年度の経月変化をみた。その結果、三国局は年平均値の高かった平成 21、27 年度は、8 月、12 月に高くなる傾向がみられ（図 4-（7）-b）、高かった月の風向風速をみると、風向は北北西、北北東、西、東、北、風速は 1.0～4.6 m/s であった。三国局については、風速の小さい時および北北西、北北東、東の時に高くなる傾向であることが既に報告 [4] されており、風向については同様の傾向が確認された。これは、三国局の北西約 1 km に位置する届出排出事業者の影響を受けていることが考えられる。

一方で、自排福井局は年平均濃度の高かった平成 27、28 年度は、毎月の濃度も全般的に増加しており、年平均値に特定の月の濃度が影響していることはなかった（図 4-（7）-c）。なお、神明局についてはデータ数が少ないため、今後とも、調査を継続しデータを蓄積した上で経月変化をみていく。

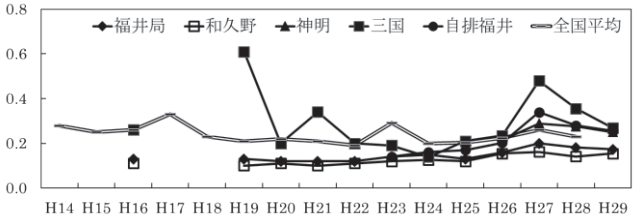

図 4-（7） クロロホルムの経年変化（μg/m³）

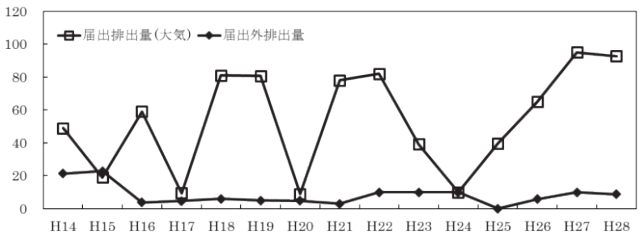

図 4-（7）-a クロロホルムの排出量の推移（t/年）

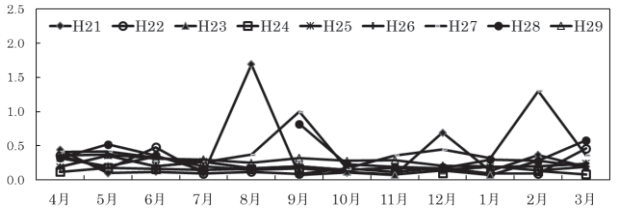

図 4-（7）-b 三国局の経月変化（μg/m³）

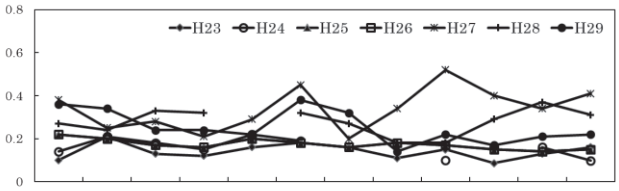

図 4-（7）-c 自排福井局の経月変化（μg/m³）

(8)1,2-ジクロロエタン

1,2-ジクロロエタンの濃度は、全ての測定局で平成 24 年度まで顕著な変動はみられず、全国平均値を下回って推移している。平成 25 年度からは、福井局、和久野局は平成 25 年度に増加した以外は同様の濃度で推移している一方、三国局、自排福井局でやや増加しており、全国平均値を上回るか同程度で推移している。なお、平成 26 年度から調査を開始した神明局は、全国平均値と同程度である。また、平成 24 年度までは差がなかった測定局間の濃度差は、平成 25 年度以降は 2 倍から 4 倍程度に拡がっている。

1,2-ジクロロエタンは、フィルム洗浄剤、殺虫剤、農産物のくん蒸剤等として使用される [2]が、PRTR データによると県内での排出量は僅かである。

年平均値の増加に特定の月の濃度が影響していないかを確認するために、三国局と自排福井局の平成 21 年度から平成 28 年度の経月変化をみた。その結果、年平均濃度の高かった年は、三国局は 4 月、5 月に、自排福井局は 4 月、5 月、6 月に高くなる傾向がみられた。（図 4-（8）-a、b）。4 月、5 月、6 月頃に濃度が高くなる傾向は他県でも報告されており [5]、今後ともデータを蓄積しながら増加要因を検討していきたい。

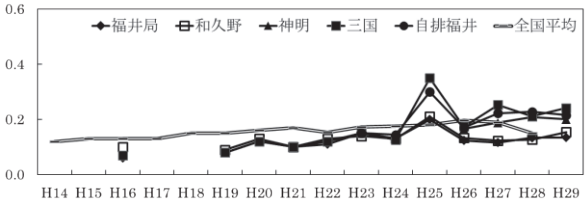

図 4-（8）1, 2-ジクロロエタンの経年変化（μg/m³）

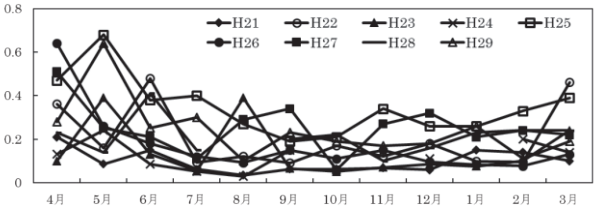

図 4-（8）-a 三国局の経月変化（μg/m³）

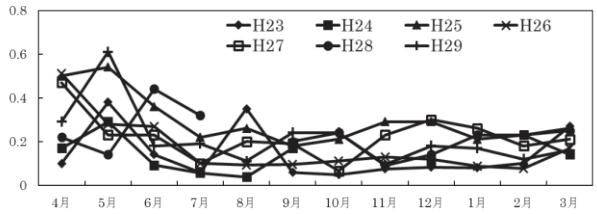

図 4-（8）-b 自排福井局の経月変化（μg/m³）

(9)1,3-ブタジエン

1,3-ブタジエンの濃度は、福井局と和久野局でやや減少傾向にあり、全国平均値をやや下回って推移している。その他の測定局は、顕著な変動はみられなかった。また、測定局間の濃度差は 2 倍から 3 倍程度で推移している。

PRTR データによると、1,3-ブタジエンは届出外排出量が多く、ベンゼン同様に自動車排ガスが主発生源である[2]。このため、周辺交通量の多い測定局は自動車排ガスの影響を受けることが考えられる。なお、ベンゼンは主にガソリン車により排出され、1,3-ブタジエンは主にディーゼル車により排出される。

PRTR データによると、1,3-ブタジエンの届出外排出量は平成 17 年度頃から減少しており、排出源別にみると自動車からの排出量が減少している（図 4-（9）-a）。このことから、平成 17 年度頃からの濃度減少は、自動車排ガスの影響の減少によるものと考えられる。

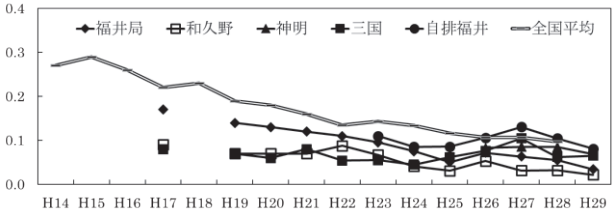

図 4-（9）1, 3-ブタジエンの経年変化（μg/m³）

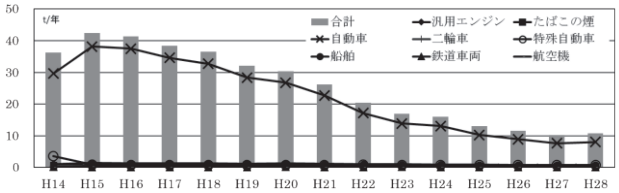

図 4-（9）-a 1, 3-ブタジエンの排出源別届出外排出量の推移

(10)塩化メチル

塩化メチルの濃度は、平成 24 年度から測定を開始しており、全ての測定局において減少傾向にあり、全国平均値と同程度で推移している。また、測定局間の濃度差はほとんどない。

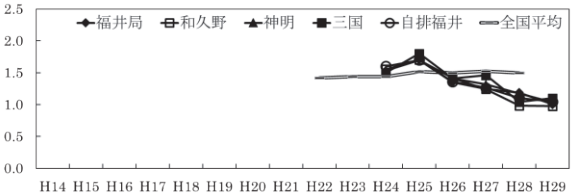

図 4-（10） 塩化メチルの経年変化（μg/m³）

(11)トルエン

トルエンの濃度は、平成 24 年度から測定を開始しており、全ての測定局で顕著な変動はみられず、全国平均値を下回るか同程度で推移している。また、和久野局の濃度は、他の測定局の半分から 1／4 程度で推移している。

トルエンは、出版・印刷・同関連産業において塗料、インキ溶剤として使用されるほか、ゴム製品製造業等で使用される[2]。PRTR データによると、トルエンの排出量は届出排出量、届出外排出量とも変動がほとんどない（図 4-（11）-a）。また、4 市（福井市、敦賀市、鯖江市、坂井市）別の届出排出量では、敦賀市の排出量が最も少ない。このことから、和久野局は他の測定局より排出源の影響が小さいため濃度が低いと考えられる（図 4-（11）-b）。

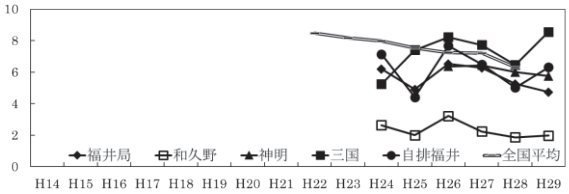

図 4-（11） トルエンの経年変化（μg/m³）

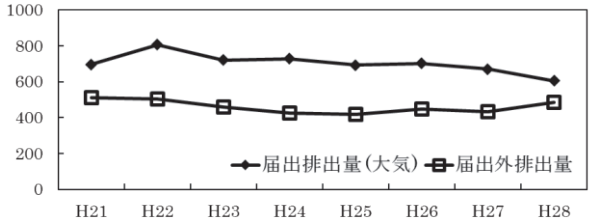

図 4-（11）-a トルエンの排出量の推移（t/年）

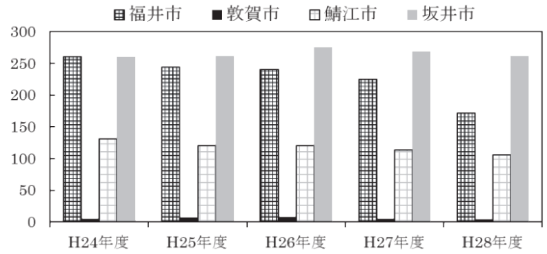

図 4-（11）-b 4 市のトルエンの届出排出量の推移（t/年）

5．まとめ

平成 14 年度から平成 29 年度の揮発性有機化合物の測定結果について取りまとめた。特徴ある変動が確認された物質については、PRTR データや経月変化から変動要因を検討した。

ベンゼンの濃度は、全ての測定局で平成 19 年度から減少傾向がみられ、その要因の一つとして、自動車排ガスの影響の減少によるものと考えられた。

トリクロロエチレンの濃度は、神明局で他の測定局の 4 倍程度高い濃度で推移しており、その要因として、神明局の付近には、トリクロロエチレンを排出する PRTR 届出対象外の事業所からの影響が考えられた。

テトラクロロエチレンの濃度は、三国局、自排福井局で平成 25 年度から増加傾向がみられ、経月変化を確認した結果、三国局は、年平均値に特定の月の濃度が影響していることはなかったが、自排福井局は年平均値の高い年は 12 月、1 月の濃度が高くなる傾向がみられた。

ジクロロメタンの濃度は、福井局で平成 19 年度から減少傾向がみられ、その要因の一つとして、排出量の減少が影響していると考えられた。また、神明局が他の測定局より高い要因の一つとして、周辺の PRTR 届出事業所の影

響を受けている可能性が高いと考えられた。

アクリロニトリルの濃度は、三国局と自排福井局で増加傾向にあり、経月変化を確認した結果、年平均値の増加に特定の月の濃度が影響していることはなかった。

塩化ビニルモノマーの濃度は、三国局、自排福井局で平成 25 年度から増加傾向にあり、経月変化を確認した結果、秋季から冬季の濃度が年平均値の増加に影響していると考えられた。

クロロホルムの濃度は、平成 25 年度から三国局、自排福井局で増加傾向にあり、経月変化を確認した結果、三国局は年平均値の高い年は 8 月、12 月の濃度が高くなる傾向にあり、また、風向が北北西、北北東、東の時に高濃度となる傾向もみられた。一方、自排福井局は、年平均値が高い年は、毎月の濃度も全般的に増加しており、年平均値に特定の月の濃度が影響していることはなかった。

1,2-ジクロロエタンの濃度は、平成 25 年度から和久野局、自排福井局で増加傾向にあり、経月変化を確認した結果、和久野局は 4 月、5 月の濃度、自排福井局は 4 月、5 月、6 月の濃度が年平均値に影響していた。

1,3-ブタジエンの濃度は、全ての測定局で減少傾向にあり、全国平均値を下回って推移しており、その要因の一つとして、自動車排ガスの影響の減少によるものと考えられた。

塩化メチルの濃度は、全ての測定局で減少傾向にあり、全国平均値と同程度で推移していた。

トルエンの濃度は、和久野局が他の測定局の半分から 1／4 程度で推移しており、その要因の一つとして、他の測定局より排出源の影響が小さいためと考えられた。

参考文献

1) 環境省水・大気環境局大気環境課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル　大気中のベンゼン等揮発性有機化合物(VOCs)の測定方法，平成 23 年 3 月
2) 環境省水・大気環境局大気環境課：有害大気汚染物質モニタリング地点選定ガイドライン，平成 25 年 8 月
3) 環境庁：大気汚染防止法に基づく「自動車の燃料の性状に関する許容限度及び自動車の燃料に含まれる物質の量の許容限度(平成 7 年 10 月環境庁告示第 64 号)」の改正，平成 11 年 6 月 28 日
4) 植山洋一　他：福井県における有害大気汚染物質濃度について－平成 10～19 年度の調査結果まとめ－，福井県衛生環境研究センター年報，**6**，108-116(2007)，高橋伸行：福井県における大気中揮発性有機化合物の挙動について，福井県衛生環境研究センター年報，**10**，102-105(2011)
5) 小中ゆかり　他：広島市における有害大気汚染物質(1,2-ジクロロエタン)の挙動，広島市衛研年報，**32**，45-50(2013)