

# 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年度の調査結果のまとめ—

植山洋一・藤井幸雄

A Survey Data for the Hazardous Air Pollutants In Fukui Prefecture, 1998-2007

Youichi UHEYAMA, Yukio FUJII

## 1. はじめに

本県では、大気汚染防止法に基づき、平成9年度から低濃度での長期間暴露による健康影響が懸念される有害大気汚染物質のモニタリングを毎月県内5地点で実施している。

今回、平成10～19年度の調査結果について、揮発性有機化合物を中心に取りまとめたので報告する。また、本県におけるバックグラウンド濃度を把握することを目的として実施した調査結果についても併せて報告する。

## 2. 調査方法

調査は、環境省の「処理基準」<sup>1)</sup>に準じて実施した。

### 2. 1 調査期間等

- ①調査期間：平成10年4月～平成20年3月
- ②測定頻度：揮発性有機化合物は毎月1回、それ以外の物質は数年おきに年6または4回、いずれも24時間採取
- ③年平均値：各月の測定値を算術平均
- ④バックグラウンド濃度調査：平成13年6月～平成15年3月、毎月のモニタリング調査時に実施

### 2. 2 調査地点

図1に調査地点を示す。

- |               |           |
|---------------|-----------|
| ①福井局(一般環境)    | 福井市豊島2丁目  |
| ②和久野局(一般環境)   | 敦賀市新和町    |
| ③自排鯖江局(沿道)    | 鯖江市有定1丁目  |
| ④自排丹南局(沿道)    | 鯖江市水落町2丁目 |
| ⑤三国局(固定発生源周辺) | 坂井市三国町山岸  |
| ⑥武生局(固定発生源周辺) | 越前市平出1丁目  |
| ⑥越前岬          | 越前町血ヶ平    |

①～⑤の( )内は、調査地点の地域分類である。いずれの地点も大気汚染常時観測局の局舎屋上で試料を採取した。③自排鯖江局は、平成15年4月に北方約3kmへ移設、自排丹南局と名称変更した。便宜上、原則として自排鯖江、自排丹南の両地点を自排丹南(鯖江)と一つとして扱った。

バックグラウンド濃度調査は、国設越前岬酸性雨測定所において実施した。(以下越前岬と略する。)

自排局において測定している車の走行台数は、自排鯖江付近では一日あたり約13,500台であったが、自排丹南付近では一日あたり42,000台程度である。



図1 調査地点

### 2. 3 調査対象物質

表1に調査対象物質を示したが、物質のうち1,1-ジクロロエチレン、1,1-ジクロロエタンなどほとんど検出されない物質を除いた優先取組物質の19物質を含む合計50物質を評価対象とした。

①揮発性有機化合物：フロン類、有機塩素化合物および炭化水素

なお、フロン22などのHCFC(ハイドロクロロフルオロカーボン)およびHFC(ハイドロフルオロカーボン)は平成19年1月より測定を開始

- ②金属類：水銀、ニッケル、ヒ素、ベリリウム、マンガン、クロム
- ③アルデヒド類：ホルムアルデヒド等2物質
- ④多環芳香族炭化水素：ベンゾ[a]ピレン等3物質

### 2. 4 測定方法

原則として「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」<sup>2)</sup>の方法によって測定した。

#### 2. 4. 1 使用した主な機器

- ①試料採取装置(ジーエルサイエンス社製キャニスター加圧サンプラー)
- ②大気試料濃縮導入装置(Tekmar社製Autocan)
- ③GC/MS装置(島津製作所製QP-5050A)

表1 調査対象物質

区分	物質名	優先取組物質	環境基準/指針値 μg/m <sup>3</sup>	234物質 (注)	PRTR法 (注)
フロン類	フロン11 CFC-11				
	フロン12 CFC-12				
	フロン113 CFC-113				
	フロン114 CFC-114				
	フロン22 HCFC-22				
	フロン141b HCFC-141b				
	フロン142b HCFC-142b				
	フロン225ca HCFC-225ca				
揮発性有機化合物	クロロメタン				
	塩化ビニルモノマー		10		
	プロモメタン				
	クロロエタン				
	ジクロロメタン		150		
	クロロホルム		18		
	1,1,1-トリクロロエタン				
	四塩化炭素				
	1,2-ジクロロエタン		1.6		
	トリクロロエチレン		200		
	1,2-ジクロロプロパン				
	cis-1,3-ジクロロプロペン				
	trans-1,3-ジクロロプロペン				
	テトラクロロエチレン		200		
	クロロベンゼン				
p-ジクロロベンゼン					
o-ジクロロベンゼン					
1,2,4-トリクロロベンゼン					
ヘキサクロロ-1,3-ブタジエン					
炭化水素	1,3-ブタジエン		2.5		
	ベンゼン		3		
	トルエン				
	エチルベンゼン				
	m,p-キシレン				
	o-キシレン				
	スチレン				
	1-エチル-4-メチルベンゼン				
	1,3,5-トリメチルベンゼン				
	1,2,4-トリメチルベンゼン				
エステル	アクリロニトリル		2		
ほとんど検出されない物質	フロン123 HCFC-123				
	フロン225cb HCFC-225cb				
	フロン134a HFC-134a				
	1,1-ジクロロエチレン				
	1,1-ジクロロエタン				
	cis-1,2-ジクロロエチレン				
	1,1,2-トリクロロエタン				
	1,2-ジプロモエタン				
	1,1,2,2-テトラクロロエタン				
	m-ジクロロベンゼン				
	ベンジルクロライド				
	エーテル	酸化エチレン			
金属類	水銀およびその化合物		0.04		
	ニッケル化合物		0.025		
	ヒ素およびその化合物				
	バリウムおよびその化合物				
	マンガンおよびその化合物				
クロムおよびその化合物					
アルデヒド類	ホルムアルデヒド				
	アセトアルデヒド				
多環芳香族炭化水素	ベンゾ[a]ピレン				
	ベンゾ[k]フルオランテン				
	ベンゾ[ghi]ペリレン				

(注)「234物質」: 有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質  
「PRTR法」: PRTR法の第一種指定化学物質

表2 測定方法

区分	試料採取方法	分析方法
揮発性有機化合物	容器採取	低温濃縮 - GC/MS
酸化エチレン	固相捕集	溶媒抽出 - GC/MS
水銀	金アマルガム捕集	加熱気化 - 冷原子吸光
金属類	石英ろ紙捕集	圧力容器分解 - ICP-AES
アルデヒド類	固相捕集	溶媒抽出 - HPLC
多環芳香族炭化水素	石英ろ紙捕集	溶媒抽出 - HPLC

2. 4. 2 測定方法

表2に測定方法を示す。

揮発性有機化合物の分析条件については以下のとおりである。

カラム:AQUATIC 60m×0.25mmI. D. 1.0μm  
昇温条件:40℃→3.5℃/min→80℃(4分間)→6.0℃/min  
→120℃→15.0℃/min→200℃(15分間)  
インターフェース温度:230℃  
試料濃縮量:400ml  
検出法:SIM検出法  
内部標準物質:トルエン-d8

3. 調査結果および考察

3. 1 気象

平成16~19年度の調査日の24時間のデータについて集計した。

- ①天候 調査日の7割は、くもり・晴れ・快晴だった。
- ②主風向 三国はSSE・S・NNE、武生はほとんどSSW、和久野はSE・NW、福井はほとんどS、自排丹南はSSE・Nであった。全体的に見ると、SE~SSW、次いでNW~NNEの主風向が多かった。
- ③風速 三国・武生・和久野・福井および自排丹南の5地点全体で、平均2.0m/sec(最小0.2、最大6.6m/sec)であり、中でも三国・和久野が大きかった。
- ④気温 5地点全体で、平均15.1℃(最小-0.6、最大29.7℃)であり、中でも和久野が他地点より約1℃高かった。(図2)
- ⑤雨量 5地点全体で、24時間総雨量の平均3.7mm(最小0.0~最大32.0mm)であった。

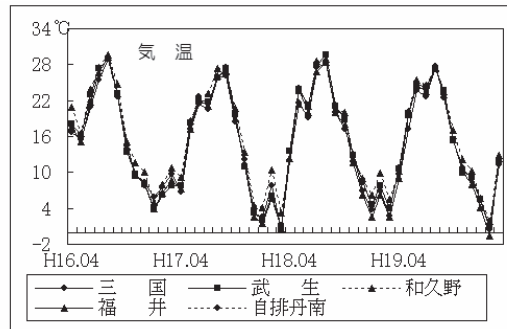


図2 気温

3. 2 年平均値等

図3-1、3-2に年平均値の経年変化を示す。  
優先取組物質については、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(地域分類3種類全体の平均 以下全国の調査結果という。)を併せて示す。

3. 2. 1 環境基準・指針値との比較

年平均値によって評価される環境基準・指針値については、優先取組物質19物質中、環境基準は4物質、指針値は7物質が設定されている。

ベンゼンは、自排鯖江で平成12年度3.0μg/m<sup>3</sup>、自排丹南で平成16年度2.9μg/m<sup>3</sup>であったが、環境基準3.0μg/m<sup>3</sup>を超えることはなかった。

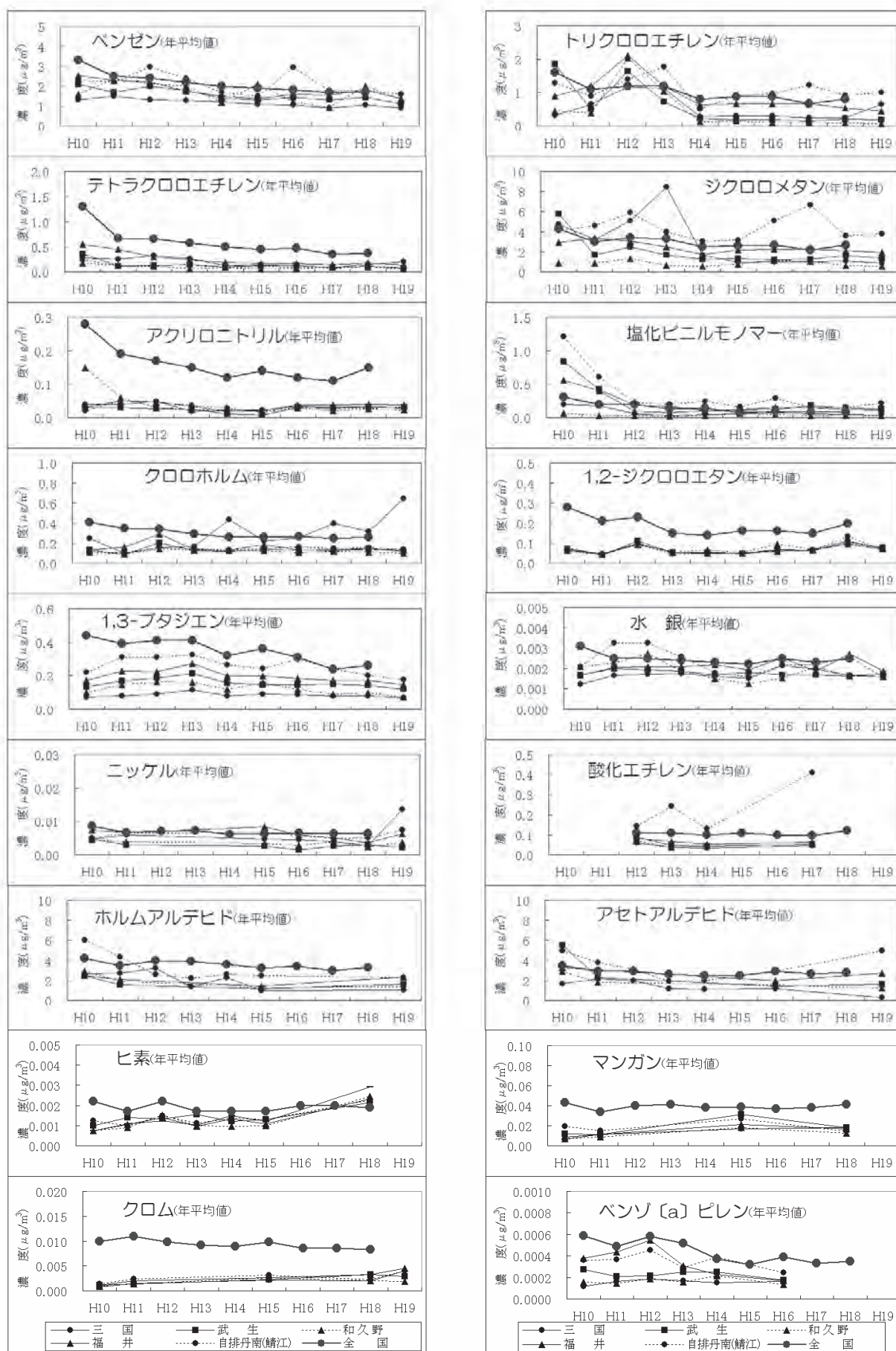


図3-1 年平均値の経年変化(1) 優先取組物質



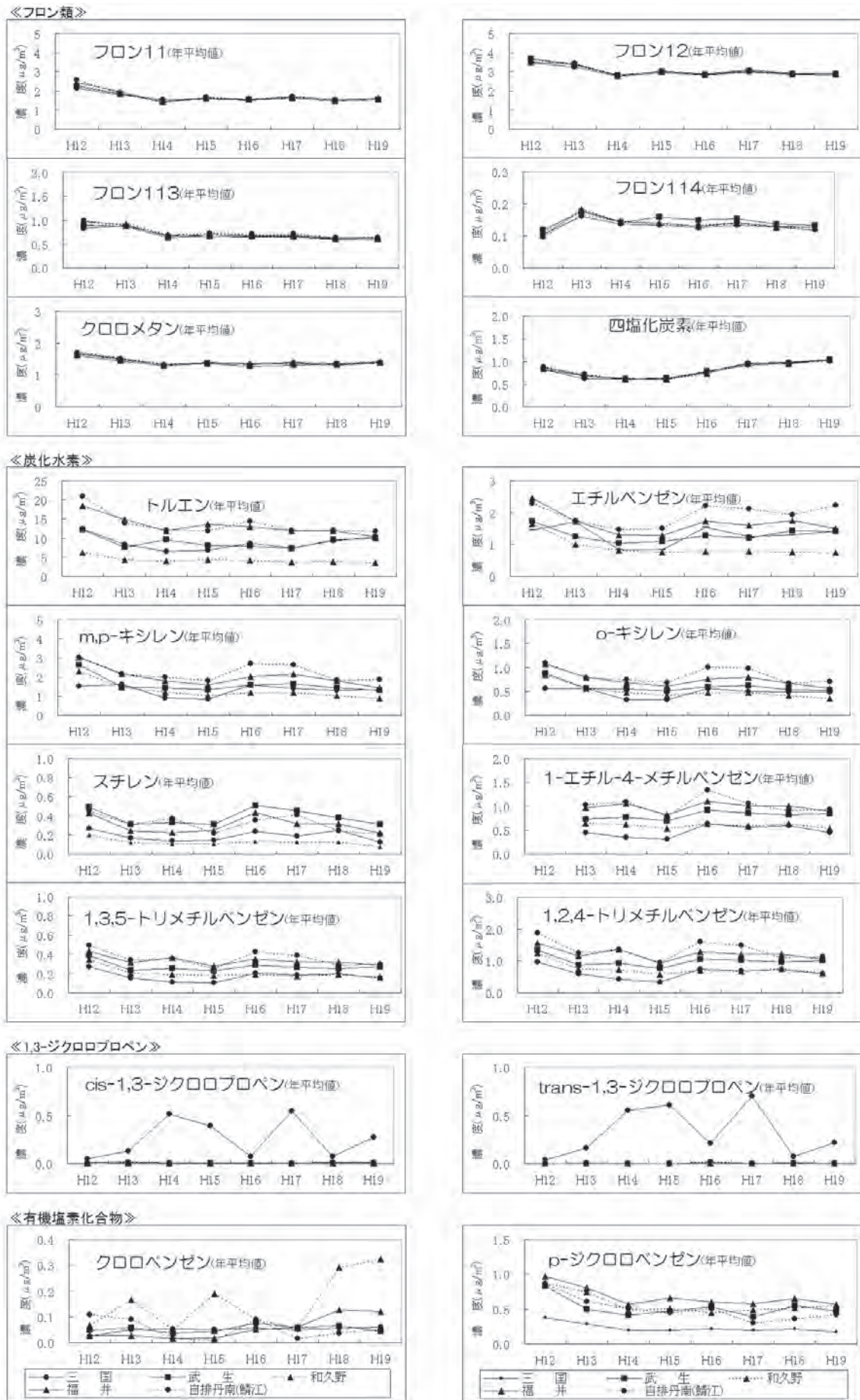


図3-2 年平均値の経年変化(2) 揮発性有機化合物

しかし、各月における測定値を見ると、自排丹南(鯖江)では、平成12年度は $3.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える回数が6回と多かったが、翌年からは年に0から3回を超える程度であった。

ニッケル化合物は、各月における測定値を見ると、平成19年度に三国において指針値の $0.025\mu\text{g}/\text{m}^3$ を1回超えた。それ以外の物質の年平均値は、環境基準・指針値の数%と低濃度であった。

参考までに、平成18年度の全国の調査結果では、ベンゼン・ジクロロメタン・1,2-ジクロロエタン・ニッケル化合物の各物質において、環境基準または指針値を超えている地点があった。

### 3. 2. 2 調査地点間および全国の調査結果との比較

毎回検出下限値未満であったベリリウムおよびその化合物を除いた優先取組物質18物質について、5地点間の比較および全国の調査結果との比較を行った。

①ベンゼンの5地点の濃度順位は、三国<武生<和久野<福井<自排丹南(鯖江)であった。PRTR(環境汚染物質排出・移動登録)データによると、ベンゼンは届出外排出量が多く、自動車排ガスが主要発生源である。同データから得られたベンゼンの市町村別排出量分布図(図4)では、幹線道路が通る地域に広く分布していた。

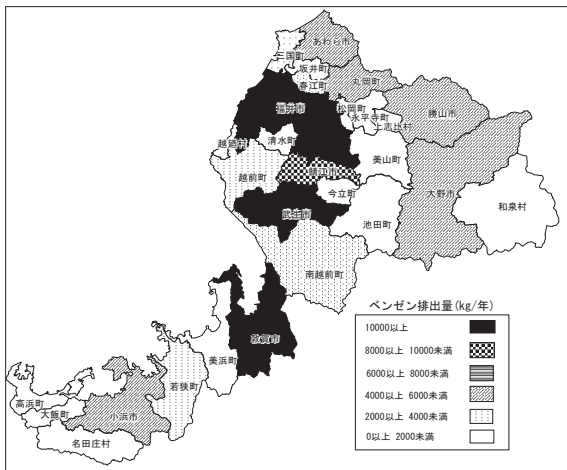


図4 ベンゼンの市町村別排出量分布図

(届出と届出外の合計 平成16年度PRTRデータより)

このことから、三国は主要道路から離れているため自動車排ガスの影響が少なく、一方、自排丹南(鯖江)は幹線道路沿いに位置しているため自動車排ガスの影響を大きく受けていると思われる。

ベンゼンは、自排鯖江(平成12年度)、自排丹南(平成16年度)以外は各地点とも全国の調査結果と同程度または以下であった。参考までに、全国の調査結果では、平成12年度の $3.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ から徐々に低下し、平成18年度は $1.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ になっていた。

②トリクロロエチレンは、平成14年度以降自排丹南(鯖江)および福井は全国の調査結果と同程度で、他3地点はそれ以下であった。

③テトラクロロエチレンは、5地点ともに全国の調査結

果以下で、全国の調査結果と同様に調査開始以来徐々に低下し、平成14年度以降は5地点ともに同程度の濃度で推移している。

④ジクロロメタンは、全国の調査結果より自排丹南(鯖江)は高く、福井は同程度、他3地点は平成14年度以降それ以下の濃度で推移している。

ジクロロメタンは脱脂洗浄や溶剤として広く使われ、PRTR データの県内の大気への排出量集計結果を見ると、トルエン、二硫化炭素の次に多く、市町別では自排丹南(鯖江)が位置する鯖江市が県全体の半分以上を占めている。自排丹南(鯖江)はその影響を受けていると思われる。

⑤塩化ビニルモノマーは、和久野・三国<自排丹南(鯖江)・武生・福井の濃度順位であった。

全国の調査結果と比較すると、平成10および11年度に自排鯖江・武生・福井は高かったが、平成12年度以降は同程度のほぼ一定濃度で推移している。

⑥クロロホルムは、三国では濃度が大きく変動していた。PRTR データによると、届出されたクロロホルムの大気への排出件数は県内で2件で、いずれも化学工業であり、届出と届出外の県内合計の95%を三国町が占めている。

平成14年度以降は、三国のみ時々全国の調査結果と同程度または高く、他4地点はそれ以下で同程度の濃度で推移している。

⑦1,3-ブタジエンの濃度順位は、三国<和久野<武生<福井<自排丹南(鯖江)であった。PRTR データによると、届出された1,3-ブタジエンの県内の大気への排出件数は0件で、ほとんどが届出外の自動車排ガスと思われる。PRTR データから得られた排出量市町村分布図(届出と届出外の合計)をみると、ベンゼン同様幹線道路が通る地域に広く分布していた。

1,3-ブタジエンは、5地点ともに全国の調査結果以下であった。濃度が高い自排丹南(鯖江)や福井は、全国の調査結果同様に平成14年度以降濃度が徐々に低下して推移している。

⑧アクリロニトリルおよび1,2-ジクロロエタンは、5地点ともに全国の調査結果より低く、調査開始以来同程度の濃度で推移している。

⑨上記以外の物質は、年6回または4回の測定と月1回以上の頻度で測定していないが、参考として年平均値を求めた。

水銀およびその化合物・ニッケル化合物・ヒ素およびその化合物は、5地点ともに同程度の濃度であり、全国の調査結果とも同程度の濃度で推移している。

マンガンおよびその化合物・クロムおよびその化合物は、5地点ともに同程度の濃度であり、全国の調査結果より低い濃度で推移している。

酸化エチレンは、全国の調査結果より自排丹南(鯖江)は高く、ほかの4地点は低い濃度で推移している。

ホルムアルデヒド・アセトアルデヒド・ベンゾ[a]ピ

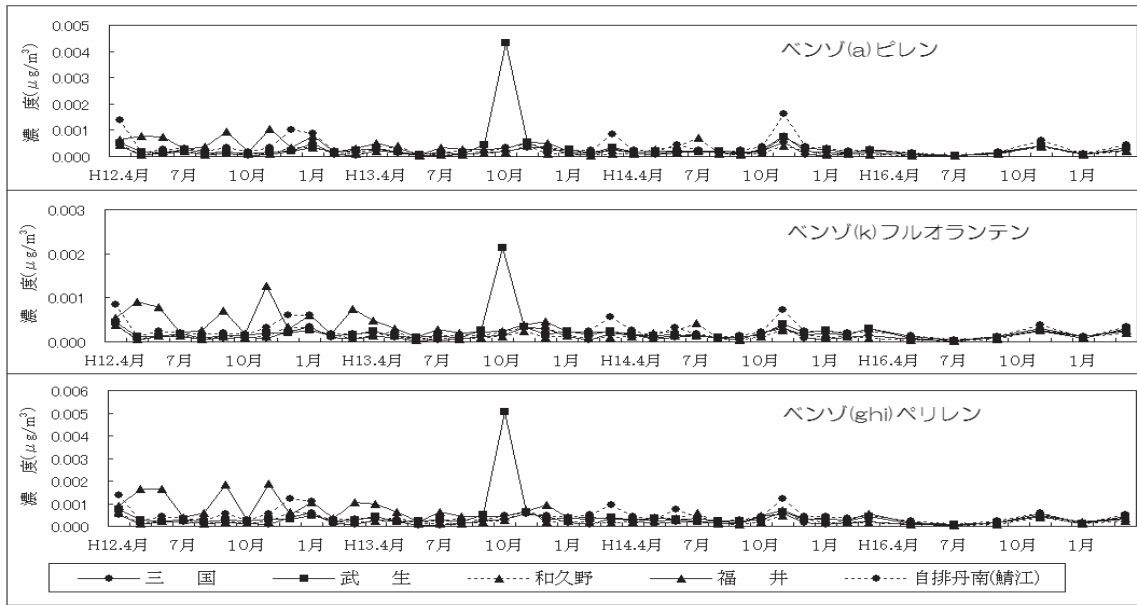


図5 多環芳香族炭化水素の経月変化

レンは、5 地点ともにほぼ同程度の濃度で、全国の調査結果と同程度または低い濃度で推移している。

多環芳香族炭化水素のベンゾ[a]ピレン、ベンゾ[k]フルオランテン、ベンゾ[ghi]ペリレンの3物質は極めてよく似た経月変化を示した(図5)。同様の発生源が影響を及ぼしていると考えられる。

### 3. 2. 3 優先取組物質以外の揮発性有機化合物

①フロン類・クロロメタン・四塩化炭素などは、季節変動や地点間の濃度差が非常に少なく、毎年・毎月、ほぼ一定濃度で推移している。平成19年1月より測定を開始したHCFC、HFCも毎月、ほぼ一定濃度で推移している。

CFCなどは、生産・輸入が規制されていることから地域のバックグラウンド濃度を示していると思われる。

②調査対象物質中、毎回最も濃度が高かったのはトルエンであり、和久野<三国・武生<福井・自排丹南(鯖江)の濃度順位である。PRTRデータの県内の大気への排出量集計結果でもトルエンが最も多く、福井が位置する福井市や自排丹南(鯖江)が位置する鯖江市で県全体の8割近くを占める。全国的にもトルエン・キシレン・ジクロロメタンの大気への排出が多い。

炭化水素の経年変化を見ると、地点間の差が大きく、10物質ともに良く似た変化を示した。自排丹南(鯖江)におけるトルエン・キシレン等の炭化水素間の相関係数(n=96)を表3に示す。特に、キシレン、エチルベンゼン、トリメチルベンゼン、1-エチル-4-メチルベンゼンの4物質間は相関係数が高かった。濃度は異なっても発生源が同じであり、かつ環境中で同じ挙動を示すためと思われる。

③三国の cis-1,3-ジクロロプロペンと trans-1,3-ジクロロプロペンは、経年変化・経月変化ともに、大きく濃度変動するが、同様の変動をしている。

これは、土壌消毒用薬剤の1,3-ジクロロプロペン(別

名 D-D)が同地点周辺に広がる畑地に散布されていることによると推測される。

④5地点の中で、クロロベンゼンは和久野だけが大きく濃度変動し、p-ジクロロベンゼンは三国だけが他地点よりやや低かった。

前述のとおり、5地点の中で自排丹南(鯖江)の濃度が最も高い物質は多いが、同地点は幹線道路沿いにあり、しかも周辺に事業所が多数立地しているため、自動車排ガスや有機溶剤などの発生源の影響をより強く受けていると考えられる。

### 3. 2. 4 経月変化、風化・風速との関係

揮発性有機化合物の経月変化の中で、特に変動が大きかった6物質について、風向・風速との関係を調べた。その結果を図6に示す。

①ベンゼンの経月変化を見ると、冬季に濃度がやや高くなり、風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られた。また、自排丹南の風向別平均濃度は、特定の風向に濃度が偏らない結果だった。ベンゼンは主に自動車排ガスが主要発生源であるので、自排丹南周辺一帯に広範囲に存在していると考えられる。

②自排丹南のジクロロメタン濃度は、経年変化と同様に経月変化でも大きく変動し、季節変化は見られなかった。風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られた。また、風向別平均濃度は、ベンゼン同様特定の風向に濃度が偏らない結果だった。ジクロロメタンは自排丹南周辺一帯に広範囲に存在していると考えられる。

③自排丹南・武生・福井の塩化ビニルモノマー濃度の経月変化は大きく変動し、季節変化は見られなかった。風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られた。

自排丹南の塩化ビニルモノマーの風向別平均濃度は、W~SW~Sで高くなる傾向が見られた。PRTRデータによると、届出された塩化ビニルモノマーの大気への排出件数は県内に1件しかない。同事業所は、自排丹南と武生と



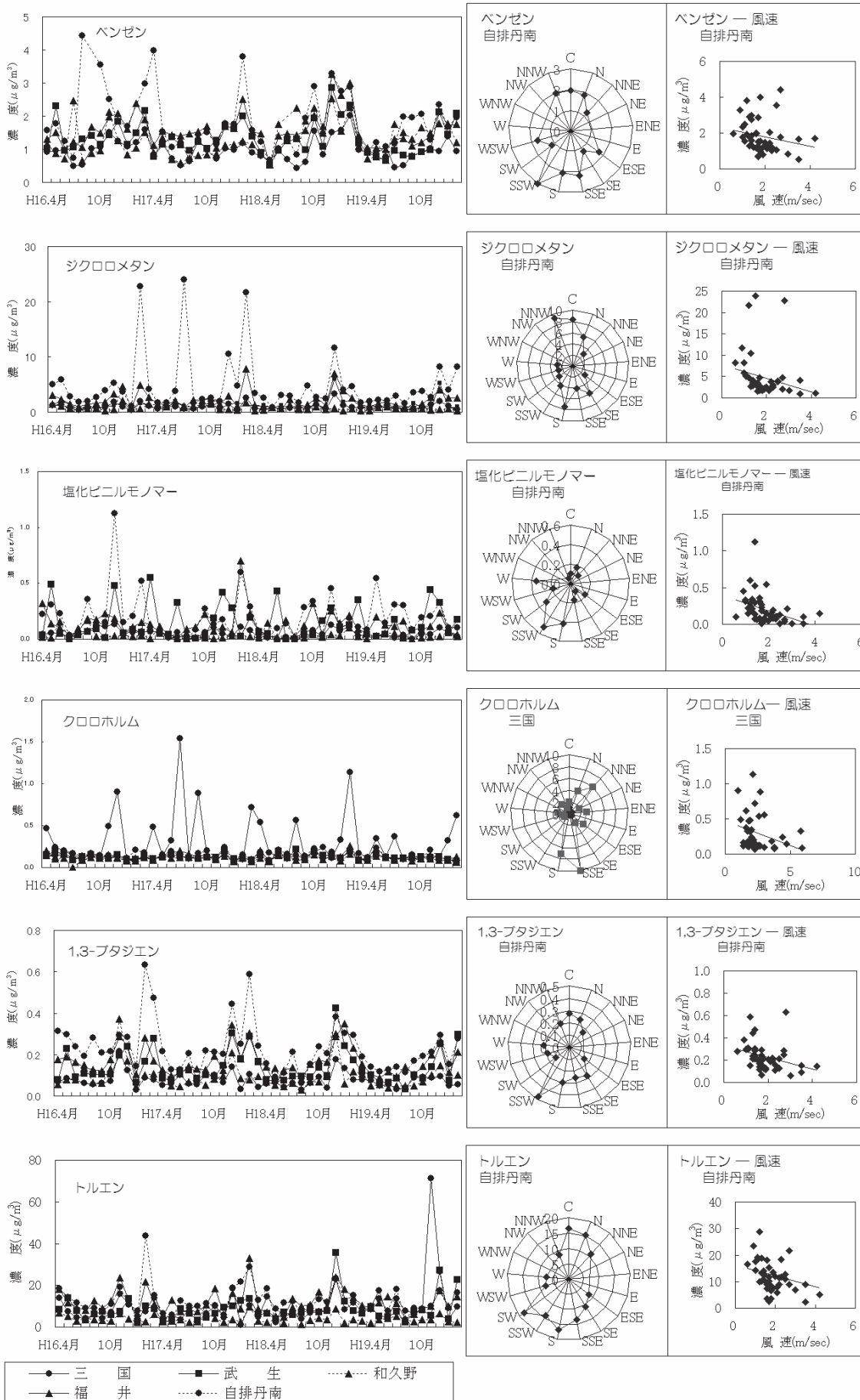


図6 経月変化、風向別平均濃度等 (H16. 04~H20. 03)

表3 炭化水素間の相関係数 自排丹南(鯖江) n=96

	1,3-ブタジエン	ベンゼン	トルエン	エチルベンゼン	m,p-キシレン	スチレン	1-エチル-4-メチルベンゼン	1,3,5-トリメチルベンゼン
1,3-ブタジエン	/	0.62	0.59	0.69	0.81	0.68	0.72	0.78
ベンゼン		/	0.40	0.44	0.57	0.44	0.43	0.58
トルエン			/	0.73	0.74	0.50	0.74	0.70
エチルベンゼン				/	0.92	0.62	0.78	0.82
m,p-キシレン					/	0.71	0.83	0.93
スチレン						/	0.53	0.89
1-エチル-4-メチルベンゼン							/	0.87
1,3,5-トリメチルベンゼン								/

の間にあり、距離的には武生に近いが、主風向は南系が多く、北に位置する自排丹南がより強くその影響を受けていたと推測される。

④クロロホルムは、三国では経年変化同様、経月変化でも濃度が大きく変動していた。風向別平均濃度は、S・SSE・NNE で濃度が高くなり、風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られた。

⑤1,3-ブタジエンの経月変化を見ると、冬季に濃度が高くなり、風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られた。また、自排丹南の風向別平均濃度は、ベンゼン同様特定の風向に濃度が偏らない結果だった。自動車排ガスが主要発生源であるので自排丹南周辺一帯に広範囲に存在していると考えられる。

⑥炭化水素の経月変化は、経年変化と同様に10物質ともに良く似た変化を示した。総体的に秋・冬季に濃度が高くなる傾向を示していた。

自排丹南のトルエンは、風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られた。また、風向別平均濃度は、ベンゼンや1,3-ブタジエン同様に特定の風向に濃度が偏らない結果であった。自排丹南周辺一帯に広範囲に存在していると考えられる。

前述のとおり、各物質の濃度と風速の関係を見ると、風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られたが、これは各物質が拡散希釈されずに濃度が高いまま各地点に到達したと考えられる。また、季節変化で冬季に濃度が高くなる傾向が見られたことについては、同様に冬季の気象要因で拡散が抑えられたと考えられる。

3. 2. 5 成分濃度パターン

平成12年～19年度の8年間のデータについて、各成分の平均濃度を求め、その結果を図7に示した。

各地点とも、トルエン濃度が極めて高く、次いでジクロロメタン、アルデヒド、フロン12、ベンゼンなどが高かった。金属類や多環芳香族炭化水素濃度は極めて低かった。

3. 3 バックグラウンド濃度調査

既報<sup>3)</sup>で平成13年6月～平成14年5月のデータを報告したが、その後引き続き揮発性有機化合物の調査を平成15年3月まで続行した。その間のデータを含めてあらためてまとめた。調査地点の越前岬は日本海に面した越前岬の斜面に設置されており、周りは西方が海岸、東方が山地で、標高は220m、海岸まで1km弱の周辺発生源の

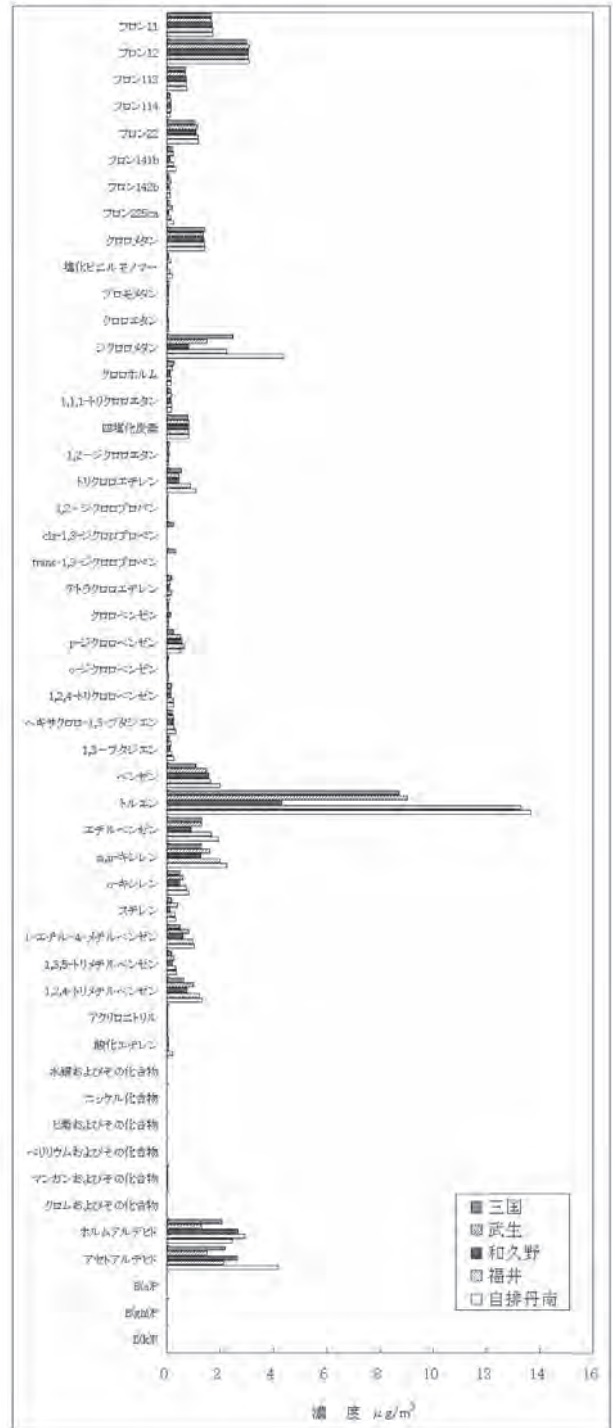


図7 成分濃度パターン 平成12～19年度

影響が少ない場所にあり、県内のバックグラウンド濃度把握に適した場所と思われる。

図8に、越前岬および県内の5地点の平均値を示す。

①越前岬より5地点の濃度の方が高い物質

塩化ビニルモノマー・1,3-ブタジエン・ジクロロメタン・トルエンなどは、越前岬は通常の5モニタリング地点の平均に対して20%以下の濃度であった。

揮発性有機化合物中、優先取組物質9物質の越前岬の濃度は、越前岬から西方角約250kmの距離にある国設隠岐局と同程度であった。

②越前岬と5地点がほぼ同じ濃度の物質



フロン類・クロロメタン・四塩化炭素などは、毎月ほぼ一定濃度で推移しており、他の5地点とほぼ同じ濃度であった。これらの物質の濃度は、バックグラウンド地域などで調査された京都府<sup>4)</sup>や沖縄県<sup>5)</sup>の報告例や発生源周辺などで実施された三重県<sup>6)</sup>・千葉県<sup>7)</sup>とほぼ同程度であった。また、これらの物質は、オゾン層保護の観点からモントリオール議定書に基づき1995年末で生産が全廃されており、新たな排出がほとんどないため、全国的に調査地点による差が少ないと考えられる。

以上のことから、越前岬における揮発性有機化合物の濃度は、県内5地点で実施している有害大気汚染物質のモニタリング調査結果と比較してほぼ同程度か低い傾向にあり、越前岬は県内のバックグラウンド濃度レベルを示していると考えられた。

#### 4. まとめ

平成10年～19年度の有害大気汚染物質モニタリング調査結果を、揮発性有機化合物を中心に取りまとめた。

①毎月の測定値では、ベンゼンは自排丹南(鯖江)において平成12年度は $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える回数が6回と多かったが、翌年からは年に0から3回超える程度である。ニッケル化合物は、三国において平成19年度に $0.025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を1回超えた。それ以外の物質の年平均値は、環境基準・指針値の数%と低い濃度であった。

②5地点の中で、自排丹南(鯖江)は多くの物質で最も濃度が高かった。同地点は幹線道路沿いにあり、また、周辺に事業所が多数立地しているため、自動車排ガスや有機溶剤などの発生源の影響をより強く受けていると考えられる。

③各物質の濃度と風速の関係を見ると、風速の小さい時に濃度が高くなる傾向が見られた。これは各物質が拡散希釈されずに濃度が高いまま各地点に到達したと考えられる。冬季に濃度が高くなる傾向が見られたことについては、同様に冬季の気象要因で拡散が抑えられたと考えられる。

④PRTRデータによると、届出された塩化ビニルモノマーの大気への排出件数は県内に1件で、同事業所の北に位置する自排丹南(鯖江)はその影響を受けていたと推測される。また、クロロホルムは届出と届出外の県内合計の95%を三国町が占めていた。このため、三国では濃度が大きく変動していると思われる。

⑤越前岬における揮発性有機化合物の濃度は、有害大気汚染物質のモニタリング調査結果と比較してほぼ同程度か低い傾向にあり、越前岬は県内のバックグラウンド濃度レベルを示していると考えられた。

#### 参考文献

1) 環境省環境管理局大気環境課：大気汚染防止法第22

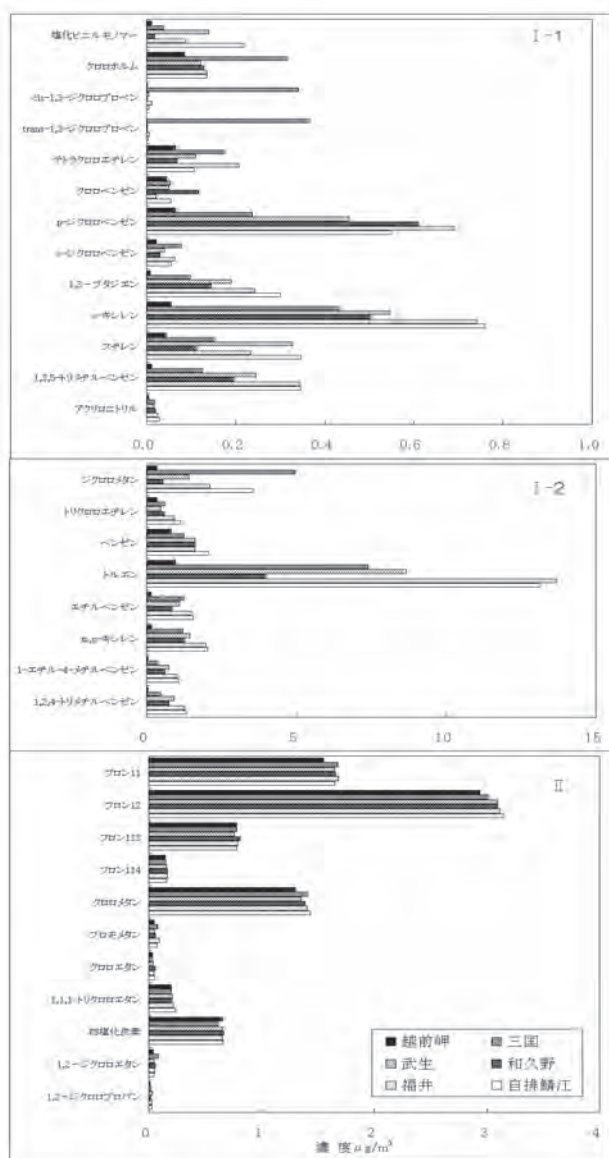


図8 バックグラウンド濃度(平成13～14年度)

条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準, 平成17年6月

2) 環境省環境管理局大気環境課: 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)の多成分同時測定方法, 平成15年12月ほか

3) 植山洋一他: 福井県における揮発性有機化合物のバックグラウンド濃度について, 福井県衛生環境研究センター年報, 31, 96-100(2001)

4) 堀口貞明他: 森林地域における大気環境調査, 京都府保健環境研究所年報, 45, 39-42(2000)

5) 平良淳誠: 沖縄県内の大気汚染物質の調査—揮発性有機有害汚染物質(45物質)について, 沖縄県衛生環境研究所報, 34, 59-62(2000)

6) 水谷広和: 大気中有機化学物質実態調査, 三重県環境科学センター研究報告, 19, 53(1999)

7) 中西基晴他: 石油化学コンビナート周辺における大気中の揮発性有機化合物(VOCs)の連続測定, 千葉県環境研究所研究報告, 33(46), 27-33(2001)