

福岡市における有害大気汚染物質の経年変化と発生源解析 (平成 10 年度～令和元年度有害大気汚染物質モニタリング調査)

副田 大介・佐野 七穂・松本 弘子

福岡市保健環境研究所環境科学課

Analysis of Trend and Source Contribution of Hazardous Air Pollutants in Fukuoka City (Hazardous Air Pollutants Monitoring Investigation in 1998-2019)

Daisuke SOEDA, Nanaho SANO and Hiroko MATSUMOTO

Environmental Science Section, Fukuoka City Institute of Health and Environment

要約

福岡市における有害大気汚染物質による大気汚染状況の把握を目的とし、平成 9 年 10 月から実施している有害大気汚染物質モニタリング調査の結果を解析した。有害大気汚染物質の中で健康リスクがある程度高いとされる優先取組物質の大気中濃度は測定開始から長期的に減少傾向であり、環境基準値や指針値超過の物質はなかった。大気中濃度と PRTR 制度に基づく届出排出量や届出外排出量との相関を調べたところ、各種法規制や事業所の自主的な排出量削減の取り組みの結果、大気中のベンゼン濃度が低減したと考えられた。更に、測定結果を基に因子分析を行った結果、大きく 4 つの発生源に分類され、ホルムアルデヒドやアセトアルデヒドの大気中濃度を把握するために、自動車排出よりも二次生成の影響を考慮する必要があると示唆された。また、後方流跡線解析から 1, 2-ジクロロエタンやクロロホルムが国内もしくは大陸を起源とする移流の影響を受けている可能性が示唆された。

Key Words : 有害大気汚染物質 hazardous air pollutants, 優先取組物質 substances requiring priority action, PRTR Pollutant Release and Transfer Register, 因子分析 factor analysis

1 はじめに

平成 8 年 5 月に大気汚染防止法が改正され、低濃度で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有害大気汚染物質の対策が制度化された。これを受けて中央環境審議会では対象物質リストの作成と見直しが続けられ、平成 28 年 9 月時点で、「有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質」として 248 物質、このうち「当該物質の有害性の程度や我が国の大気環境の状況等に鑑み健康リスクがある程度高いと考えられる物質」として 22 の優先取組物質が選定された。優先取組物質については、「大気汚染防止法第 22 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について」¹⁾に基づく有害大気汚染物質モニタリング調査(以下、「有害大気調査」とする。)の測定対象になっている。

福岡市では有害大気調査を平成 9 年 10 月よりこれまで

20 年以上実施しているが、その間に市内の産業や交通量、更には他国の経済成長等、大気環境へ与える影響は年々変化している。また、九州・山口地方は PM_{2.5} や光化学オキシダントについて大陸からの越境移流による影響を受けやすいことが指摘されており^{2, 3)}、優先取組物質についても越境移流の観測や経年変化への影響が報告されている⁴⁾。

そこで、本市における平成 10 年度から令和元年度までの測定結果に基づく優先取組物質の大気中濃度の経年変化とその要因を明らかにすることを目的に解析を行ったので報告する。

2 方法

2.1 調査地点及び測定期間

解析対象としたのは図 1 に示す大気常時監視測定局 6 地点（香椎局、吉塚局、南局、西新局、千鳥橋局、大橋局）において平成 10 年度から令和元年度まで各月に実施した有害大気調査結果である。香椎局、吉塚局、南局は一般環境大気測定局（以下、「一般局」とする。），西新局、千鳥橋局、大橋局は自動車排出ガス測定局（以下、「自排局」とする。）であり、令和元年度時点では西新局及び千鳥橋局がベンゼンの固定発生源周辺に位置している。平成 9 年度から継続的に測定を行っている測定局は一般局の香椎局と自排局の西新局であり、吉塚局、南局は平成 9 年度から平成 27 年度まで測定を行い、千鳥橋局、大橋局は平成 28 年度から測定を開始した。なお、平成 9 年度のデータについては 10 月からの測定結果であったため今回は解析対象期間に含めなかった。

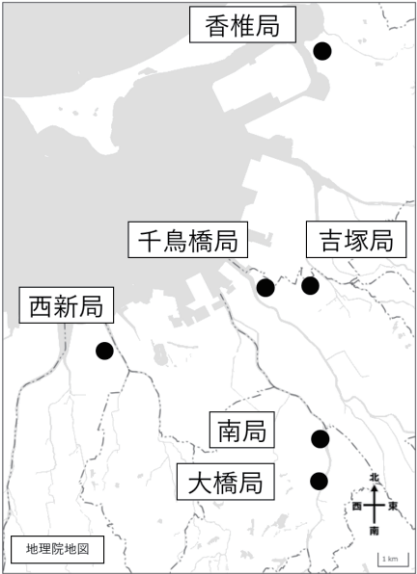


図 1 調査地点

2.2 対象物質及び分析方法

有害大気調査では、優先取組物質 22 物質からダイオキシン類を除き、「クロム及び三価クロム化合物」及び「六価クロム化合物」を併せて「クロム及びその化合物」とした 20 物質に水銀及びその化合物を追加した計 21 物質（表 1）を対象としている。これらの採取及び分析については環境省「有害大気汚染物質等測定方法マニュアル」⁵⁾に基づき、各地点で月 1 回 24 時間の連続採取と測定を実施した。

2.3 後方流跡線解析

平成 28 年度から令和元年度にかけて香椎局で測定した 1, 2-ジクロロエタン及びクロロホルム濃度のうち上位 20%と下位 20%に当たる検体をそれぞれ高濃度日と低濃度日とし、国立環境研究所地球環境研究センターの METEX (<http://db.cger.nies.go.jp/metex/index.jp.html>) を用いて後方流跡線のパターンを得た。解析には香椎局上空 1,500 m を起点とし、該当日のサンプリング開始時刻及び終了時刻からそれぞれ 3 日間遡った。

2.4 PRTR 届出排出量及び届出外排出量

PRTR 排出量データ (<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>, https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/6.html) は平成 13 年度から実施されている PRTR 制度で届出対象業種から届出のあった本市及び福岡県の大気排出量データと福岡県の届出外排出量データを用いた。届出外排出量データは、対象業種のうち従業員数 20 人以下、年間取扱量 1 t 未満等の届出要件を満たさない事業所や非対象業種、家庭、移動体からの排出量を都道府県単位で推計されたデータである。また届出外排出量は大気・公共用水域・土壌・埋立処分へのそれぞれの排出量を推計し合算した値である。

表 1 調査対象物質（21 物質）

優先取組物質	環境基準値（指針値）
ベンゼン	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
トリクロロエチレン	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
テトラクロロエチレン	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ジクロロメタン	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
アクリロニトリル	(2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
塩化ビニルモノマー	(10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
クロロホルム	(18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,2-ジクロロエタン	(1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,3-ブタジエン	(2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
塩化メチル	(94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
アセトアルデヒド	(120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ニッケル化合物	(25 $\text{ng Ni}/\text{m}^3$)
ヒ素及びその化合物	(6 $\text{ng As}/\text{m}^3$)
マンガン及びその化合物	(140 $\text{ng Mn}/\text{m}^3$)
水銀及びその化合物	(40 $\text{ng Hg}/\text{m}^3$)
トルエン	-
酸化エチレン	-
ホルムアルデヒド	-
ベリリウム及びその化合物	-
クロム及びその化合物	-
ベンゾ[a]ピレン	-

2.5 因子分析

統計ソフトウェア R の psych パッケージにおける関数 fa によって因子分析を行った^{6, 7)}。因子分析は物質に影響を与える観測不可能な因子があるという仮定の下、各物質の大気中濃度から共通する因子を抽出し、物質にどのような影響を与えているか評価するものである。因子分析にはいくつかの計算手法があるが、ここでは因子抽出法として最尤法、回転法としてプロマックス回転、因子得点の算出に回帰法を選択した。

解析には、因子の長期的な経年変化を見るために香椎局と西新局における平成 10 年度から令和元年度までの有害大気調査結果を用いて、期間中に測定対象として追

加された酸化エチレン, トルエン, 塩化メチルを除く 18 物質を変数とした。

3 結果及び考察

3.1 優先取組物質の大気中濃度の推移

3.1.1 優先取組物質の大気中濃度の経年変化と成分別の増減率

優先取組物質のうち測定期間中に測定対象に追加された酸化エチレン, トルエン, 塩化メチルを除く 18 物質について平成 10 年度からの香椎局における年平均値の経年変化を積み上げグラフ (図 2) に示す。大気中濃度の総和は, 全ての測定局において測定開始から増減を繰り返しながら長期的には減少傾向であった。また, 星⁸⁾による東京都内の事例を参考に, 18 物質の中で環境基準値や指針値が定められている 15 物質について有害大気調査結果の環境基準値や指針値に対する比 (以下, 「基準

値比」とする。)の積み上げグラフを図 3 に示す。基準値比は大気中の優先取組物質の健康リスクをより反映したものであると言える。基準値比の構成要素としてヒ素及びその化合物, ベンゼンで全体の 1/2 以上を占めているが, 両物質は共に減少傾向であり, 基準値比の総和も全ての測定局において減少傾向であった。また, 測定期間内において基準値比が 1 を超える物質, つまり環境基準値や指針値超過の物質はなかった。

次に長期的な実測データの傾きとして, 物質別の年間増減率を表 2 に示す。年間増減率は物質毎に測定期間内の最高濃度を 100% とし, 横軸に平成 10 年度からの期間, 縦軸を増減率 (%) とした際の回帰直線の傾き (%/年) として算出した。その結果, 実測データの傾きはほとんどの物質が負の傾きを示したが, 唯一 1, 2-ジクロロエタンのみ全局で増加傾向を示した。またクロロホルム, ホルムアルデヒド及び塩化ビニルモノマーについては, 増減率が±1%未満であり濃度変動はあまり見られなかった。

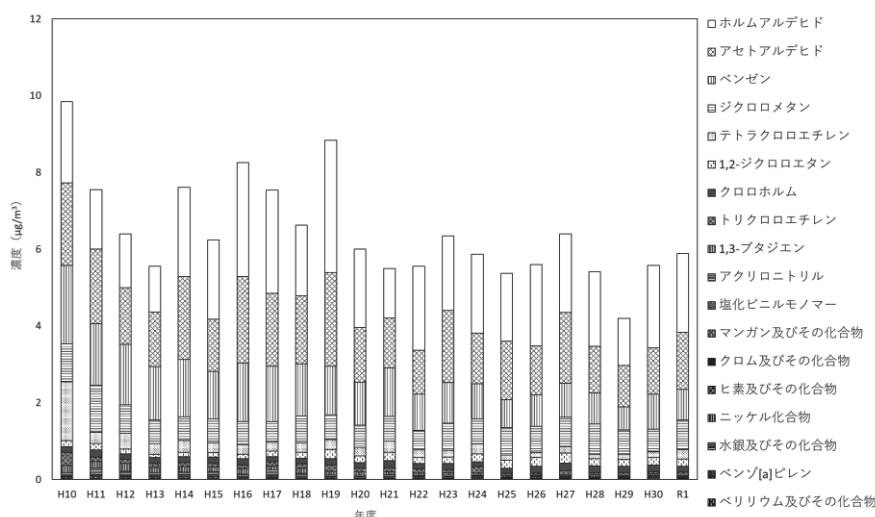


図 2 優先取組物質の大気中濃度の経年変化 (香椎局)

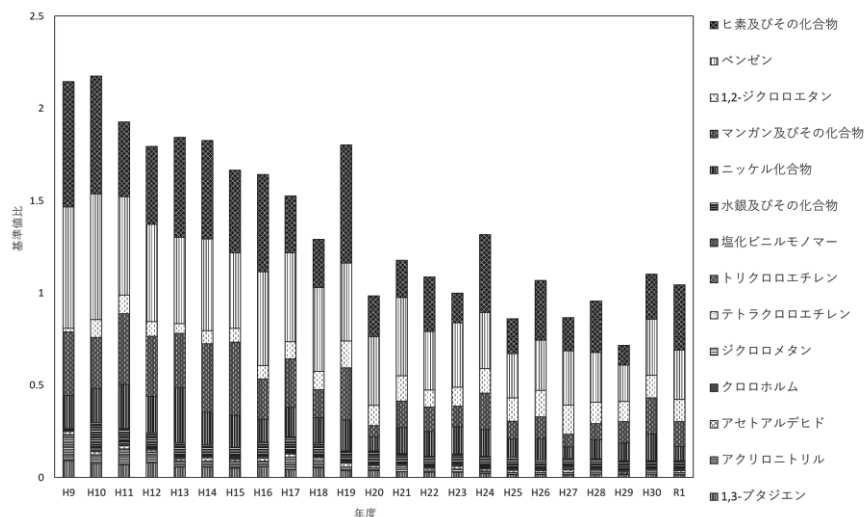


図 3 優先取組物質の基準値比の経年変化 (香椎局)

表 2 優先取組物質の年間増減率

優先取組物質	香椎	西新	吉塚	南
1,2-ジクロロエタン	1.74	1.68	2.42	2.61
1,3-ブタジエン	-3.98	-3.93	-4.27	-4.81
アクリロニトリル	-3.04	-3.87	-3.42	-4.55
アセトアルデヒド	-1.32	-1.09	-2.38	-1.29
クロム及びその化合物	-1.94	-1.86	-1.10	-2.53
クロロホルム	0.28	0.40	-1.33	-0.44
ジクロロメタン	-0.51	-0.43	-2.41	-2.19
テトラクロロエチレン	-1.54	-2.24	-3.00	-4.66
トリクロロエチレン	-1.43	-1.98	-2.79	-2.74
ニッケル化合物	-2.11	-2.50	-2.09	-2.83
ヒ素及びその化合物	-2.48	-1.98	-2.72	-1.58
ベリリウム及びその化合物	-3.72	-3.62	-5.02	-4.99
ベンゼン	-2.51	-2.77	-3.05	-3.31
ベンゾ[a]ピレン	-2.37	-2.95	-3.73	-3.09
ホルムアルデヒド	-0.06	-0.46	0.02	-0.12
マンガン及びその化合物	-3.19	-1.73	-2.74	-2.41
塩化ビニルモノマー	-1.02	-0.76	-0.39	-0.02
水銀及びその化合物	-1.76	-2.43	-2.20	-2.50

(%/年)

3.1.2 1, 2-ジクロロエタンの増加と移流の関係

3.1.1 で示した 1, 2-ジクロロエタンについて、優先取組物質の継続した測定データがある本市（香椎局・西新局）と全国の平成 10 年度からの推移を図 4 に示す。全国の一般局・自排局いずれも平成 15 年度以降、長期的な増加傾向であり、香椎局、西新局についても同様に増加傾向である。村岡ら⁴⁾によると、平成 23 年度までの解析では 1, 2-ジクロロエタンは全国的に増加傾向にあり、特に九州・山口地方は越境移流の影響を強く受けているため濃度上昇の度合いが大きいことが指摘されている。そこで本市において 1, 2-ジクロロエタンが高濃度日となる要因が越境移流であることを確かめるため、後方流跡線解析を行った。図 5 に示す 1, 2-ジクロロエタン高濃度日では、大陸から空気塊が移流してきていることがわかった。一方で図 6 に示す低濃度日は大陸からの流れもあるが、太平洋方面から南よりの風としての移流も見られ、高濃度日と低濃度日の後方流跡線のパターンに違いがあることがわかった。これより本市の 1, 2-ジクロロエタンが平常時より高くなる際は移流を原因とする可能性が高いことが示唆された。

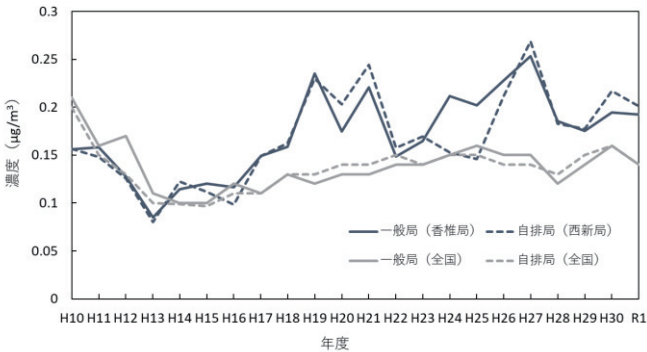


図 4 1, 2-ジクロロエタン大気中濃度の経年変化（福岡市（香椎局・西新局），全国）

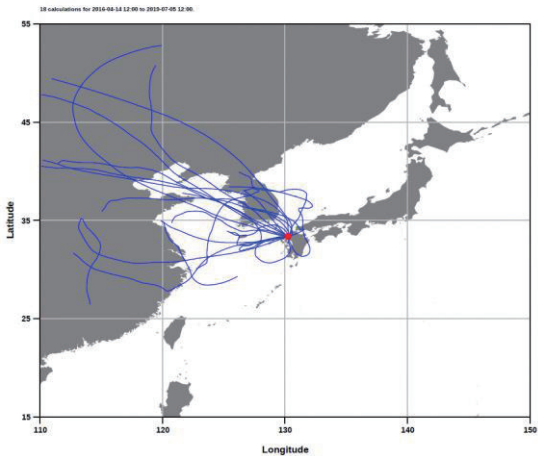


図 5 1, 2-ジクロロエタン高濃度日の後方流跡線

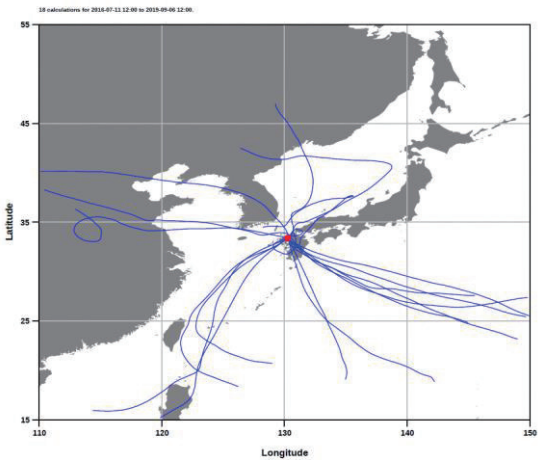


図 6 1, 2-ジクロロエタン低濃度日の後方流跡線

3.2 優先取組物質の大気中濃度と PRTR 排出量との相関

優先取組物質の大気中濃度低下の背景には、各種法規制や事業所の自主的な排出量削減の取り組みがあると考え、PRTR 制度開始の平成 13 年度から令和元年度までの大気中濃度と PRTR データを用いた排出量との相関を調べた。香椎局と西新局について、大気中濃度と排出量との相関を表 3、4 に示す。ベンゼンの大気中濃度と福岡市の大気排出量との相関係数は 0.81（香椎局），0.80（西新局）と高く、また届出外排出量のうち福岡県の移動体排出量との相関係数も 0.88（香椎局），0.93（西新局）と高かった。ベンゼンに関しては、平成 11 年には大気汚染防止法改正によりガソリン中のベンゼンの許容限度を 5 体積%以下から 1 体積%以下とされ、平成 18 年度には有害大気汚染物質を含めた VOC 排出規制が施行されており、法規制を背景とした事業所の自主的な排出量削減の取り組みが奏功し、ベンゼンの大気中濃度低下に結びついたものと考えられた。

また 1, 3-ブタジエンは福岡県の移動体排出量との相関係数が 0.95（香椎局），0.96（西新局）と高く、アクリロニトリルは福岡県の大気排出量との相関係数が 0.77

(香椎局)，0.80(西新局)と高かった。しかし、これらの物質は本市において大気への排出の届出がなかったため、本市の大気中濃度の低下に直接寄与しているかは不明である。また 1, 2-ジクロロエタンについては、福岡県内での大気排出量が減少しているものの (<http://www2.env.go.jp/chemi/prtr/prtrinfo/contents/syuukei.jsp>)，表 2 のとおり大気中濃度は増加しているため、-0.84(香椎局)，-0.77(西新局)と負の相関を示した。従って、PRTR データから大気中濃度を把握できる物質は一部の物質に限られることが分かった。

表 3 大気中濃度と排出量との相関(香椎局)

優先取組物質	届出排出量		届出外排出量			
	福岡市 大気排出	福岡県 大気排出	福岡県 対象	福岡県 非対象	福岡県 家庭	福岡県 移動体
1,2-ジクロロエタン		-0.84	-0.46			
1,3-ブタジエン				0.26	0.40	0.95
アクリロニトリル		0.77	0.18		0.43	
アセトアルデヒド		-0.11	-0.20	0.40	0.51	0.37
クロム及びその化合物	0.64	0.04	0.15	0.55		
クロロホルム	-0.26	-0.25	-0.01	-0.31	-0.31	
ジクロロメタン	-0.06	-0.46	-0.17			
テトラクロロエチレン	0.51	0.34	0.34			
トリクロロエチレン		-0.06	0.05			
ニッケル化合物		0.64	0.31			
ヒ素及びその化合物		0.58	-0.12			
ベリリウム及びその化合物			-0.45			
ベンゼン	0.81	0.58	0.21	0.02	0.47	0.88
ベンゾ[a]ピレン						
ホルムアルデヒド	0.20	-0.20	-0.11	-0.11	0.56	0.02
マンガン及びその化合物		-0.57	0.50			
塩化ビニルモノマー		0.31	-0.32			
酸化エチレン	-0.29	0.18	-0.01	0.52		
水銀及びその化合物			-0.62			

表 4 大気中濃度と排出量との相関(西新局)

優先取組物質	届出排出量		届出外排出量			
	福岡市 大気排出	福岡県 大気排出	福岡県 対象	福岡県 非対象	福岡県 家庭	福岡県 移動体
1,2-ジクロロエタン		-0.77	-0.43			
1,3-ブタジエン				0.33	0.40	0.96
アクリロニトリル		0.80	0.26		0.45	
アセトアルデヒド		-0.27	-0.01	0.45	0.72	0.27
クロム及びその化合物	0.49	0.22	0.32	0.37		
クロロホルム	-0.11	-0.46	-0.34	-0.21	0.05	
ジクロロメタン	-0.01	-0.32	-0.26			
テトラクロロエチレン	0.50	0.21	0.14			
トリクロロエチレン		0.05	0.18			
ニッケル化合物		0.58	0.11			
ヒ素及びその化合物		0.57	-0.10			
ベリリウム及びその化合物			-0.45			
ベンゼン	0.80	0.71	0.23	-0.03	0.42	0.93
ベンゾ[a]ピレン						
ホルムアルデヒド	0.28	-0.20	-0.14	0.02	0.67	0.17
マンガン及びその化合物		-0.43	0.55			
塩化ビニルモノマー		0.29	-0.32			
酸化エチレン	-0.43	0.36	-0.01	0.69		
水銀及びその化合物			-0.39			

3.3 優先取組物質の因子分析

3.3.1 因子分析の使用データと因子数決定

PRTR 排出量から濃度を把握できなかった物質についても発生源を推定するため因子分析を行った。算出した因子負荷量を表 5, 6 に示す。因子負荷量とは物質が因子から受ける影響の程度の指標であり、絶対値が大きいほどその影響は強いことを意味する。表に示した因子負荷量を上から順に見ていき、どの因子への因子負荷量が高いかで物質を分類した。全ての因子の累積寄与率は香椎

局では 67%，西新局では 59%であった。トリクロロエチレン、塩化ビニルモノマー、ジクロロメタン、アクリロニトリル(香椎局のみ)、水銀及びその化合物(西新局のみ)に関しては因子負荷量が 0.4 以下であり、独自性が高い物質であるとみなし、解析対象から除外した。これらの物質は測定局付近の発生源の存在等の理由により独自の変動特性を有していると考えられた。

最終的に表 5, 6 に示した物質について、因子の固有値をプロットしたスクリープロットを作成し、香椎局では因子数 5，西新局では因子数 4 に決定した。

3.3.2 発生源の推定

因子負荷量の大きさにより分類された物質は、共通する因子から特に大きな影響を受けていることからその因子を同じグループに属する物質の発生源と解釈することができる。優先取組物質の一般的な用途⁹⁾ やその他考えられる発生源を参考に、因子の命名を行った。

香椎局及び西新局のそれぞれの発生源を推定したところ、香椎局では寄与率が高い順に工業排出 1，自動車排出，工業排出 2，移流，二次生成，西新局では自動車排出，工業排出，二次生成，移流が発生源として推定された。香椎局と西新局の因子数の違いから、西新局の因子 1(自動車排出)の影響を受けている物質が、香椎局では因子 2(自動車排出)と因子 3(工業排出 2)に分かれる結果となったが、その他は同じ因子が抽出されており、物質の分類も同じであるため、局間で発生源の大きな違いはないものと考えられた。

3.3.3 自動車排出と二次生成

一般的に優先取組物質の中で、自動車排ガス中に含まれるのは、ベンゼン，1, 3-ブタジエン，ベンゾ[a]ピレン，トルエン，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒドである。解析対象から除外したトルエンを除き、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒド(以下、「アルデヒド類」とする。)については独自のグループを形成していた。これらアルデヒド類が自動車排ガス物質でありながら因子(自動車排出)の物質と異なる挙動を示す理由として、アルデヒド類の発生は自動車排出よりも夏季における二次生成の影響の方が大きいためと考えられた。表 3, 4 において、PRTR データにおけるアルデヒド類と移動体との相関がなかったのも同じ理由だと考えられた。PRTR データは一次排出量の把握にとどまるため、アルデヒド類の大気中濃度を把握するためには、移動体からの排出よりも二次生成の影響を考慮する必要があることが示唆された。

3.3.4 移流と後方流跡線解析

香椎局，西新局ともに 1, 2-ジクロロエタンとクロロホルムが同じ因子から影響を受けていた。1, 2-ジクロロエタンが 3.1.2 に示したように移流の影響を大きく受けているとするとクロロホルムに関しても同様に移流の影

表 5 優先取組物質の因子負荷量（香椎局）

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	一般的な用途・発生源
マンガン及びその化合物	1.09	-0.16	-0.04	-0.03	-0.03	鉄鋼業，機械器具製造業
クロム及びその化合物	0.81	0	-0.12	-0.03	0.11	鉄鋼業，機械器具製造業
ベリリウム及びその化合物	0.75	0.09	0.13	-0.20	-0.13	硬化剤，化石燃料の燃焼
ニッケル化合物	0.71	-0.02	-0.03	0.07	0.07	精錬所の廃液，化石燃料の燃焼
ヒ素及びその化合物	0.43	0.09	0.09	0.31	-0.03	非鉄金属製造業
1,3-ブタジエン	-0.01	0.92	-0.07	-0.14	0	自動車排気，合成ゴムの原料
ベンゼン	-0.09	0.88	0.16	0.22	-0.09	自動車排気，石油製品，有機合成原料
ベンゾ[a]ピレン	0	0.73	-0.05	-0.05	0.04	自動車排気
水銀及びその化合物	0.02	-0.04	0.92	-0.04	0.06	鉄鋼業，セメント製造
テトラクロロエチレン	-0.06	0	0.79	-0.02	0.01	脱脂洗浄剤
1,2-ジクロロエタン	-0.06	-0.17	0.01	0.91	-0.04	洗浄剤，殺虫剤，塩化ビニルの合成原料
クロロホルム	-0.01	0.10	-0.06	0.63	0.04	塩素消毒，合成原料，医薬品
ホルムアルデヒド	-0.02	-0.15	0.05	0.01	0.83	自動車排気，化学工業，光化学反応による二次生成
アセトアルデヒド	0.04	0.17	0.01	-0.02	0.70	自動車排気，化学工業，光化学反応による二次生成
推定発生源	工業排出1	自動車排出	工業排出2	移流	二次生成	
寄与率（％）	21	16	11	10	9	
累積寄与率（％）	21	37	48	58	67	

表 6 優先取組物質の因子負荷量（西新局）

	因子1	因子2	因子3	因子4	一般的な用途・発生源
ベンゼン	0.99	-0.02	-0.04	0.14	自動車排気，石油製品，有機合成原料
1,3-ブタジエン	0.92	0.03	-0.04	-0.14	自動車排気，合成ゴムの原料
ベンゾ[a]ピレン	0.75	0	-0.09	0.03	自動車排気
アクリロニトリル	0.59	0.03	0.10	-0.17	化学工業，プラスチック製品製造業
テトラクロロエチレン	0.58	-0.08	0.02	0.16	脱脂洗浄剤
マンガン及びその化合物	-0.12	1.01	-0.12	0.01	鉄鋼業，機械器具製造業
クロム及びその化合物	-0.04	0.80	-0.09	0.01	鉄鋼業，機械器具製造業
ヒ素及びその化合物	0.06	0.60	0.03	0.23	非鉄金属製造業
ニッケル化合物	-0.03	0.57	0.19	0	精錬所の廃液，化石燃料の燃焼
ベリリウム及びその化合物	0.29	0.56	-0.02	-0.20	硬化剤，化石燃料の燃焼
ホルムアルデヒド	-0.13	-0.01	0.78	-0.02	自動車排気，化学工業，光化学反応による生成
アセトアルデヒド	0.12	-0.03	0.73	0.03	自動車排気，化学工業，光化学反応による生成
1,2-ジクロロエタン	-0.14	0.09	-0.02	0.80	洗浄剤，殺虫剤，塩化ビニルの合成原料
クロロホルム	0.13	-0.02	0.02	0.58	塩素消毒，合成原料，医薬品
推定発生源	自動車排出	工業排出	二次生成	移流	
寄与率（％）	23	19	8	8	
累積寄与率（％）	23	42	50	59	

響を受けている可能性が示唆された。

そこでクロロホルムについても大気中濃度と気流の関係について評価するために、1, 2-ジクロロエタンと同じ手法で香椎局上空 1500 m を起点とした後方流跡線解析を行った。図 7 はクロロホルム高濃度日の後方流跡線を描いたもので、図 8 は低濃度日の後方流跡線を描いたものである。図 7 では、クロロホルムが高濃度の時には気流は大陸方面から流れてきているが、図 8 では、大陸方面からの移流だけではなく、太平洋や日本海方面からの流跡も確認できた。クロロホルムは 1, 2-ジクロロエタンのように近年の増加傾向が見られないが、大気中での反応性が低い安定な塩素有機化合物であるため、移流の影響を受けていると考えられた。

3.3.5 因子得点の経年変化

因子得点とは測定日ごとに因子の影響を推定した値である。3.3.2 で示した発生源（工業排出，自動車排出，二次生成，移流）について、回帰法を用いて香椎局，西新局における因子得点をそれぞれ算出し、平成 10 年度から令和元年度までの経年変化を図 9 に示す。縦軸には標準化されたスケールを用いている。

工業排出及び自動車排出の因子得点は、優先取組物質の有害大気調査開始時点から顕著な減少がみられ、平成 27 年度頃から下げ止まりになっているものの、これらを

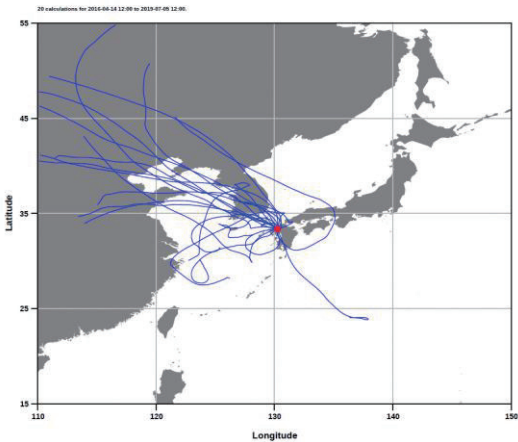


図 7 クロロホルム高濃度日の後方流跡線

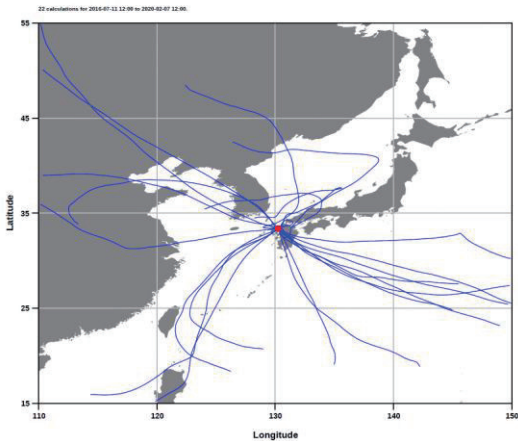


図 8 クロロホルム低濃度日の後方流跡線

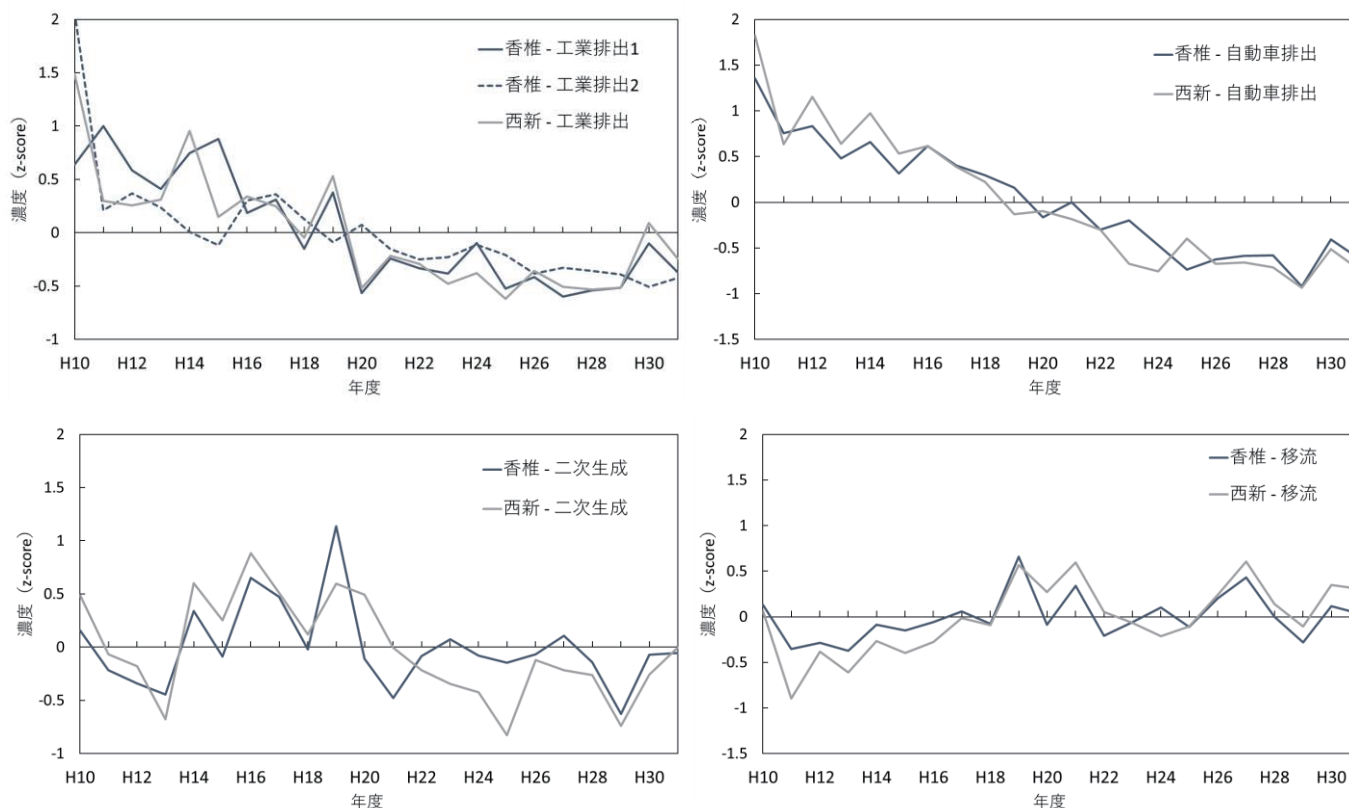


図 9 因子得点推移 (香椎局, 西新局)

発生源とした優先取組物質については大気中濃度の改善が窺えた。二次生成の因子得点は、自動車排出や工業排出ほどの減少は見られないものの、平成 16 年度や平成 19 年度を濃度のピークとして、それ以降、高濃度の年は見られなかった。移流の因子得点は、香椎局と西新局ともに増減を繰り返しながら長期的には微増の傾向であった。

4 まとめ

平成 10 年度から令和元年度までの有害大気調査結果の解析を行ったところ、本市大気中の優先取組物質は対象期間において環境基準値や指針値を下回っており、長期的に減少傾向であったが、移流が原因と考えられる 1, 2-ジクロロエタンについては濃度上昇が確認された。

大気中濃度と PRTR データの相関から、各種法規制や事業所の自主的な排出量削減の取り組みの結果として大気中のベンゼン濃度が低下していることが示唆された。

優先取組物質の発生源を因子分析により工業排出、自動車排出、二次生成、移流の大きく 4 つに分類できた。アルデヒド類については、PRTR データの移動体排出量よりも二次生成の影響を考慮する必要があることが示唆された。また移流物質として 1, 2-ジクロロエタンだけではなくクロロホルムも後方流跡線解析から移流の影響

を受けていることが示唆された。PRTR 制度による排出量だけでは大気汚染状況の把握が難しい越境移流や二次生成と関連する物質もあることから、今後も優先取組物質の継続的なモニタリングが必要である。

文献

- 1) 環境省: 大気汚染防止法第 22 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について, 2016
- 2) 兼保直樹, 他: 九州北部における春季の高濃度 PM_{2.5} と長距離輸送, 大気環境学会誌, 45(5), 227-234, 2010
- 3) 岩本真二, 他: 福岡県における光化学オキシダントの高濃度要因の分類, 大気環境学会誌, 43(3), 173-179, 2008
- 4) 村岡俊彦, 他: 九州・山口地方における有害大気汚染物質 1, 2-ジクロロエタン濃度の経年変化への長距離越境大気汚染の影響, 大気環境学会誌, 49(4), 187-197, 2014
- 5) 環境省: 有害大気汚染物質等測定方法マニュアル, 2019
- 6) R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 7) Revelle, W. (2020) psych: Procedures for Personality a

nd Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA.

大気環境学会誌, 54(3), A62-A66, 2019

8) 星純也：有害大気汚染物質のモニタリングについて,

9) 環境省：有害大気汚染物質モニタリング地点選定ガイドライン, 2013