宮崎県における有害大気汚染物質調査
― 揮発性有機化合物を中心に ―

岩切　淳・中村　雅和・溝口　進一・祝園　秀樹
赤崎　いずみ・冨山　幸子・小玉　義和*

Study on Hazardous Air Pollutants (Especially Volatile Organic Compounds) in Miyazaki Prefecture

Jun IWAKIRI ・ Masakazu NAKAMURA ・Shinichi MIZOGUCHI ・ Hideki IWAIZONO
Izumi AKAZAKI ・Sachiko TOMIYAMA ・Yoshikazu KODAMA*

Abstract

Atmospheric concentrations of VOCs were investigated in order to obtain the atmosphere environment status in the prefecture.

The results showed the concentrations of most of the VOCs were less than the environmental quality standard value or the guideline value, and that these concentrations had been below the national mean values between Fiscal Year 1997 (H9) and 2007 (H19). Also, the concentrations had been decreasing for recent ten years following the trend of the national average. In addition, with regard to the concentrations of 43 compounds of VOCs measured around the chemical plant during the period from 2006 to 2007, more than half of the compounds decreased largely compared to the results of the investigation in 1999.

These results suggest that the air pollution reduction measures have been effectively undertaken.

Key words : Hazardous Air Pollutants, Volatile Organic Compouds, Principal Component Analysis

はじめに

県内大気環境中の揮発性有機化合物（VOCs (volatile organic compounds)）濃度については，大気汚染防止法に基づき，平成 9 年度からモニタリングが開始された．これらは，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を対象としており，現在，県内 5 カ所においてデータが蓄積されている[1)]．

一方, VOC は, 光化学オキシダントや SPM（浮遊粒子状物質）の原因物質の一つとされている．光化学オキシダントは, 全国の測定地点において, 濃度上昇や汚染地域の広域化が進んでおり，本県でも全測定局で環境基準を超過している状況である[1), 2)]．

光化学オキシダント濃度の上昇については, 大陸からの越境汚染の影響も研究されているものの[3)]，まずは地域での発生源抑制が必要である．このため，環境省では大気汚染防止法の一部改正により，平成 18 年 4 月 1 日から， 工場等からの VOC の排出規制を開始するとともに，規制対象とならない小規模の工場等には排出量削減への自主的取組みを促進させ，VOC の排出総量を平成 22 年度までに 3 割程度(H12 年度比)削減することとしている[4)]．

当研究所では，これらの排出規制が開始される以前（平成 11 年度及び 12 年度）に化学工場周辺地域での VOCs 濃度調査を実施し，環境基準等が定められている物質以外にも多くの化学物質が検出されたことを報告している[5), 6)]．

本研究では，その後の発生源周辺の状況を評価するため，規制開始直後の平成 18 ～ 19 年度に事業場周辺の詳細な VOCs 調査を実施するとともに，県内に蓄積されてきたモニタリングデータの

＊　現　衛生化学部

解析を試みた.

その結果，県内の大気環境における VOCs 濃度の状況について若干の知見が得られたので，以下に報告する.

方　法

1　事業場周辺調査

1）調査地点及び採取時期

「発生源周辺」として，延岡市に位置する M 事業場周辺 4 地点，S 事業場周辺 2 地点において，平成 18 年 11 月から平成 20 年 1 月までの間に，四半期ごと計 6 回の採取を行った.

また，「バックグラウンド」を把握するため，山間地として高千穂町の 2 地点において，平成 19 年 5 月から平成 20 年 1 月までの間に，四半期ごと計 4 回の採取を行った.

2）試料採取方法

既報[5),6)]と同様に，採取にはキャニスターを用い，一定流量（3ml ／ min）で 24 時間大気試料を捕集した.

3）測定方法

測定は「有害大気汚染物質測定方法マニュアル[7)]」に準じ，測定条件は既報[5)]と同様である.

4）測定対象物質

環境基準及び指針値の定められている 9 物質を含む 43 物質（Table　1）を対象物質とした.

2　モニタリング調査

大気汚染防止法に基づいて宮崎県が実施した「有害大気汚染物質モニタリング調査[1)]」のデータを解析に用いた.

1）調査地点及び採取期間

調査地点は，一般環境として 3 地点（宮崎市，高鍋町，都城市），固定発生源周辺として 1 地点（延岡市），沿道として 1 地点（都城自動車排ガス測定局（以下「都城自排局」と記す.）の計 5 地点である.

なお，都城自排局における走行台数は一日あたり約 26,800 台（国交省 17 年度）程度である.

これらの地点における平成 9 年度から（高鍋町は平成 10 年度から）平成 19 年度までの測定データを解析対象とした．測定は各地点において毎月実施されているが，本報では，年平均値を解析に用いた.

Table 1 The volatile organic compounds (VOCs) which we investigated around Plants

	Compounds	Environmental quality standard value μg/m3	Guideline value μg/m3	Monitoring investigation
1	freon12	−	−	
2	chlorometane	−	−	
3	freon114	−	−	
4	vinyl chloride	−	≦10	○
5	1,3-butadiene	−	≦2.5	○
6	bromomethane	−	−	
7	chloroethane	−	−	
8	freon11	−	−	
9	acrylonitrile	−	≦2	○
10	1,1-dichloroethylene	−	−	
11	dichloromethane	≦150	−	○
12	3-chloro-1-propene	−	−	
13	freon113	−	−	
14	1,1-dichloroethane	−	−	
15	cis-1,2-dichloroethane	−	−	
16	chloroform	−	≦18	○
17	1,2-dichloroethane	−	≦1.6	○
18	1,1,1-trichloroethane	−	−	
19	benzene	≦3	−	○
20	carbontetrachloride	−	−	
21	1,2-dichloropropane	−	−	
22	trichloroethylene	≦200	−	○
23	cis-1,3-dichloropropene	−	−	
24	trans-1,3-dichloropropene	−	−	
25	1,1,2-trichloroethane	−	−	
26	toluene	−	−	
27	1,2-dibromoethane	−	−	
28	tetrachloroethene	≦200	−	○
29	chlorobenzene	−	−	
30	ethylbenzene	−	−	
31	m,p-xylene	−	−	
32	styrene	−	−	
33	1,1,2,2-tetrachloroethan	−	−	
34	o-xylene	−	−	
35	4-ethyltoluene	−	−	
36	1,3,5-trimethylbenzene	−	−	
37	1,2,4-trimethylbenzene	−	−	
38	1,3-dichlorobenzene	−	−	
39	1,4-dichlorobenzene	−	−	
40	1,2-dichlorobenzene	−	−	
41	1,2,4-trichlorobenzene	−	−	
42	hexachloro-1,3-butadiene	−	−	

2）試料採取方法及び測定方法

一連の操作は，「有害大気汚染物質測定方法マニュアル[7)]」に準じて行われた.

3）解析対象物質

「有害大気汚染物質モニタリング調査」では優先取組物質 19 物質について測定されているが，本報では，そのうち VOCs 9 物質（環境基準項目 4 物質及び指針値が定められている 5 物質）を中心に解析を行った．Table　2 に調査地点概要を，Fig. 1 に調査地点の位置関係を示す.

Table 2　The summary of the sampling sites

	調査地	測定局等	調査区分	測定期間	測定頻度
事業場周辺調査	延岡市	M事業所周辺4カ所	発生源周辺(敷地境界線付近)	H18年11月～H20年1月	1回／3か月
	延岡市	S事業所周辺2カ所	発生源周辺(敷地境界線付近)	H18年11月～H20年1月	1回／3か月
	高千穂町	高千穂保健所・国見ヶ丘	バックグラウンド(山間地)	H19年　5月～H20年1月	1回／3か月
モニタリング調査 (有害大気汚染物質実態調査)	宮崎市	宮崎市立図書館	一般環境	H10年度～H19年度	1回／月
	都城市	都城高専測定局	一般環境	H 9年度～H19年度	1回／月
	都城市	都城自動車排ガス測定局	沿　道	H10年度～H19年度	1回／月
	高鍋町	高鍋町健康づくりセンター測定局	一般環境	H10年度～H19年度	1回／月
	延岡市	延岡保健所測定局	固定発生源周辺	H 9年度～H19年度	1回／月

Fig.1 Sampling sites in Miyazaki Prefecture

結果及び考察

1　事業場周辺調査

VOCsの測定結果をTable 3に示した．M事業場周辺及びS事業場周辺については6回測定の平均値，高千穂については4回測定の平均値を算出した．付記した平成11年度調査の濃度は，延岡市内2工場周辺の6地点における測定結果[5]の平均値を算出した．ただし，平成11年度調査は冬期での測定値であるため，揮発性有機化合物の特性から，年間平均と比較するとやや低めの値であることに留意しなければならない．

今回調査では，大気環境基準の定められている4物質（ジクロロメタン，ベンゼン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレン）については，事業場周辺及び山間地（高千穂）のすべての地点において基準値を大きく下回った．また，指針値が設定されている5物質のうちアクリルニトリルを除く4物質（塩化ビニルモノマー，1,3-ブタジエン，クロロホルム，1,2-ジクロロエタン）についても指針値を大幅に下回った．

唯一アクリロニトリルについてのみ，事業場周辺において指針値に近い濃度が確認された．特にS事業場周辺においては，指針値を超過して検出されることもあったことから，さらなる排出抑制対策が必要であると考えられた．

43物質について平成11年度調査の結果と比較すると，20物質以上について濃度の顕著な低下が認められた．中でも，優先取組物質であるトリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，ベンゼン，塩化ビニルモノマー，1,3-ブタジエン，1,2-ジクロロエタンについては，大幅な改善が見られた．優先取組物質以外にも，1,1-ジクロロエチレンや1,1,1-トリクロロエタンなどで，濃度の顕著な低下が認められた．

さらに，43物質の濃度の総和を見ると，平成11年度調査時の48.2μg/m^{3}に対し，今回調査ではM事業場周辺20.5μg/m^3，S事業場周辺21.8μg/m^{3}と約7年で半減していることが認められた．

Table 3　Concentration of volatile organic compounds(VOCs)　at each sampling sites

No.	Compounds	Concentration of VOCs (μg/m3)			DL (μg/m3)	QL (μg/m3)	Mean conc. in 1999 investigation (μg/m3)
		around Plant M	around Plant S	Takachiho			
1	freon12	2.9	3.1	3.0	0.044	0.15	3.2
2	chlorometane	1.3	1.4	1.0	0.013	0.045	1.7
3	freon114	0.10	0.10	0.13	0.052	0.17	0.13
4	vinyl chloride	0.32	0.091	0.072	0.018	0.060	1.2
5	1,3-butadiene	0.14	0.11	0.024	0.009	0.029	0.62
6	bromomethane	0.044	0.055	0.044	0.026	0.086	0.06
7	chloroethane	0.06	0.071	0.027	0.042	0.14	0.07
8	freon11	1.8	1.7	1.8	0.039	0.13	1.9
9	acrylonitrile	1.5	2.0	0.15	0.013	0.045	0.46
10	1,1-dichloroethylene	0.36	0.10	0.015	0.030	0.099	4.6
11	dichloromethane	0.32	0.87	0.53	0.014	0.046	0.76
12	3-chloro-1-propene	0.20	0.21	0.077	0.020	0.066	0.44
13	freon113	0.57	0.53	0.63	0.059	0.20	2.2
14	1,1-dichloroethane	0.27	0.24	0.27	0.042	0.14	0.79
15	cis-1,2-dichloroethane	0.021	0.021	0.015	0.030	0.10	0.032
16	chloroform	0.30	0.13	0.12	0.035	0.12	0.54
17	1,2-dichloroethane	0.16	0.14	0.21	0.11	0.36	0.92
18	1,1,1-trichloroethane	0.068	0.067	0.085	0.046	0.15	0.44
19	benzene	1.1	1.1	0.93	0.010	0.033	3.1
20	carbontetrachloride	0.63	0.67	0.71	0.051	0.17	1.2
21	1,2-dichloropropane	0.029	0.029	0.049	0.029	0.097	0.031
22	trichloroethylene	0.055	0.111	0.059	0.036	0.12	0.29
23	cis-1,3-dichloropropene	0.020	0.039	0.016	0.032	0.11	0.011
24	trans-1,3-dichloropropene	0.034	0.049	0.033	0.041	0.14	0.053
25	1,1,2-trichloroethane	0.59	0.97	0.021	0.042	0.14	0.32
26	toluene	3.6	3.2	1.3	0.010	0.035	12
27	1,2-dibromoethane	0.027	0.027	0.027	0.054	0.18	0.041
28	tetrachloroethene	0.14	0.18	0.15	0.043	0.14	0.52
29	chlorobenzene	0.032	0.027	0.043	0.028	0.092	0.068
30	ethylbenzene	0.62	0.74	0.35	0.050	0.17	1.4
31	m,p-xylene	0.46	0.46	0.21	0.053	0.18	1.2
32	styrene	0.21	0.22	0.069	0.081	0.27	0.23
33	1,1,2,2-tetrachloroethane	0.036	0.036	0.036	0.069	0.23	0.082
34	o-xylene	0.37	0.44	0.19	0.072	0.24	1.1
35	4-ethyltoluene	0.28	0.45	0.090	0.010	0.035	1.0
36	1,3,5-trimethylbenzene	0.29	0.33	0.090	0.010	0.035	0.75
37	1,2,4-trimethylbenzene	0.82	0.77	0.20	0.011	0.037	3.9
38	1,3-dichlorobenzene	0.18	0.31	0.12	0.025	0.083	0.093
39	1,4-dichlorobenzene	0.40	0.38	0.14	0.023	0.078	0.53
40	1,2-dichlorobenzene	0.046	0.072	0.040	0.027	0.092	0.031
41	1,2,4-trichlorobenzene	0.12	0.30	0.16	0.048	0.16	0.044
42	hexachloro-1,3-butadiene	0.048	0.039	0.039	0.078	0.26	0.083
Total		20.5	21.8	13.2	−	−	48.2

これらの結果から，発生源となりうる事業場の敷地境界線付近においては，多数の揮発性有機化合物が検出されたが，優先取組物質については環境基準等を十分クリアするレベルであり，また，VOCs（43 物質）の濃度の変化から，平成 11 年度に比べると大気環境が大きく改善されていることが確認された．事業所における発生抑制対策も着実に進められているものと考えられた．

なお，フロン-12，フロン-114，フロン-11，フロン-113，クロロメタン，ジクロロメタン，ベンゼン，テトラクロロメタンなどは，高千穂（山間地）においても事業場周辺の濃度と同レベルで検出された．これらの物質は，自動車排ガスや日常生活で使用されている様々な化学製品に由来しているものと考えられた．

２　モニタリング調査

１）経年変化

Fig.2-1 及び Fig.2-2 に，「有害大気汚染物質モニタリング調査」に基づく VOCs 等濃度の年平均値[1)]の推移を示す．測定地点 5 地点のうち，沿道測定地点である都城自排局では，蓄積データ項目がベンゼン，1,3-ブタジエン，アセトアルデヒド，ホルムアルデヒド，ベンゾ［a］ピレンのみであるため，この 5 物質を解析対象とした．

ａ）VOCs

ベンゼンは，自動車用ガソリンに含有されており，自動車排ガスにも含まれることが知られている．Fig.2-1(A)に示すとおり，沿道以外の 4 地点におけるベンゼンは，環境基準（3μg/m^3）をクリアしており，全国平均に比べても極めて低い値で，かつこの 10 年間で 2 分の 1 程度に減少している．沿道の都城自排局では，平成 9 年度のモニタリング当初は環境基準を超過していたが，全国平均と同様に年々減少し，平成 12 年度に基準を下回り，平成 19 年度には当初の 30%程度に改善した．

このような改善の背景として，平成 11 年に自動車ガソリン中のベンゼン含有量に係る規制が強化された（5%以下から 1%以下に）ことも大きく寄与しているものと考えられる．

トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンについても，環境基準（200μg/m^3）を大きく下回っており全国平均と比べて低めに推移していた（Fig.2-1(B)，(C)）．

ジクロロメタンは環境基準（150μg/m^3）を大きく下回り全国平均よりもはるかに低値であるが，宮崎市及び延岡市で，一時的と思われる濃度の上昇が認められた（Fig.2-1(D)）．ジクロロメタンは金属脱脂剤，各種溶剤，エアゾール噴射剤，塗料剥離剤などの用途に使用される[8)]ことから，サンプリング時に近隣での使用があり，それが影響しているのではないかと推察された．

指針値が定められている 5 物質（アクリロニトリル，塩化ビニルモノマー，クロロホルム，1,2-ジクロロエタン，1,3-ブタジエン）についても，調査開始以来，全地点で指針値をクリアしており，一部を除き概ね全国平均よりも低い濃度で推移してる（Fig.2-1(E)，(F), Fig.2-2(G)～(I)）．

固定発生源周辺の延岡市においては，塩化ビニルモノマー，1,2-ジクロロエタン，アクリロニトリルの濃度が一般環境大気の 3 地点よりも高い傾向にあった．中でも，塩化ビニルモノマーについては，全国平均値を上回り，指針値（10μg/m^3）以内ではあるが年度により濃度が極端に上昇する事象が確認された．

また，沿道の都城自排局では，1,3-ブタジエンが他の地点よりも高濃度に検出され，全国平均を上回る濃度で推移している．しかし，1,3-ブタジエンもここ数年で濃度が減少し，H18 年度以降は，米国環境保護庁（USEPA)が示したユニットリスクに基づく 10^{-5} レベル換算値[8)]（0.3μg/m^3）を下回っている．大気中の 1,3-ブタジエンの起源は，大部分が自動車排ガスであることが知られており[9)]，排出抑制対策の進展がこれらの改善の一因となっているものと考えられる．

ｂ）アルデヒド類

アセトアルデヒド及びホルムアルデヒドについては，Fig.2-2(J),(K)のとおり，全国平均よりも低い濃度で推移している．環境基準及び指針値は設定されていないが，上述の USEPA が示したユニットリスクに基づく 10^{-5} レベル換算値を参考基準とすると，アセトアルデヒドはすべての地点で参考基準（5μg/m^3）を下回っており，逆にホルムアルデヒドは年々減少傾向にあるものの全地点で

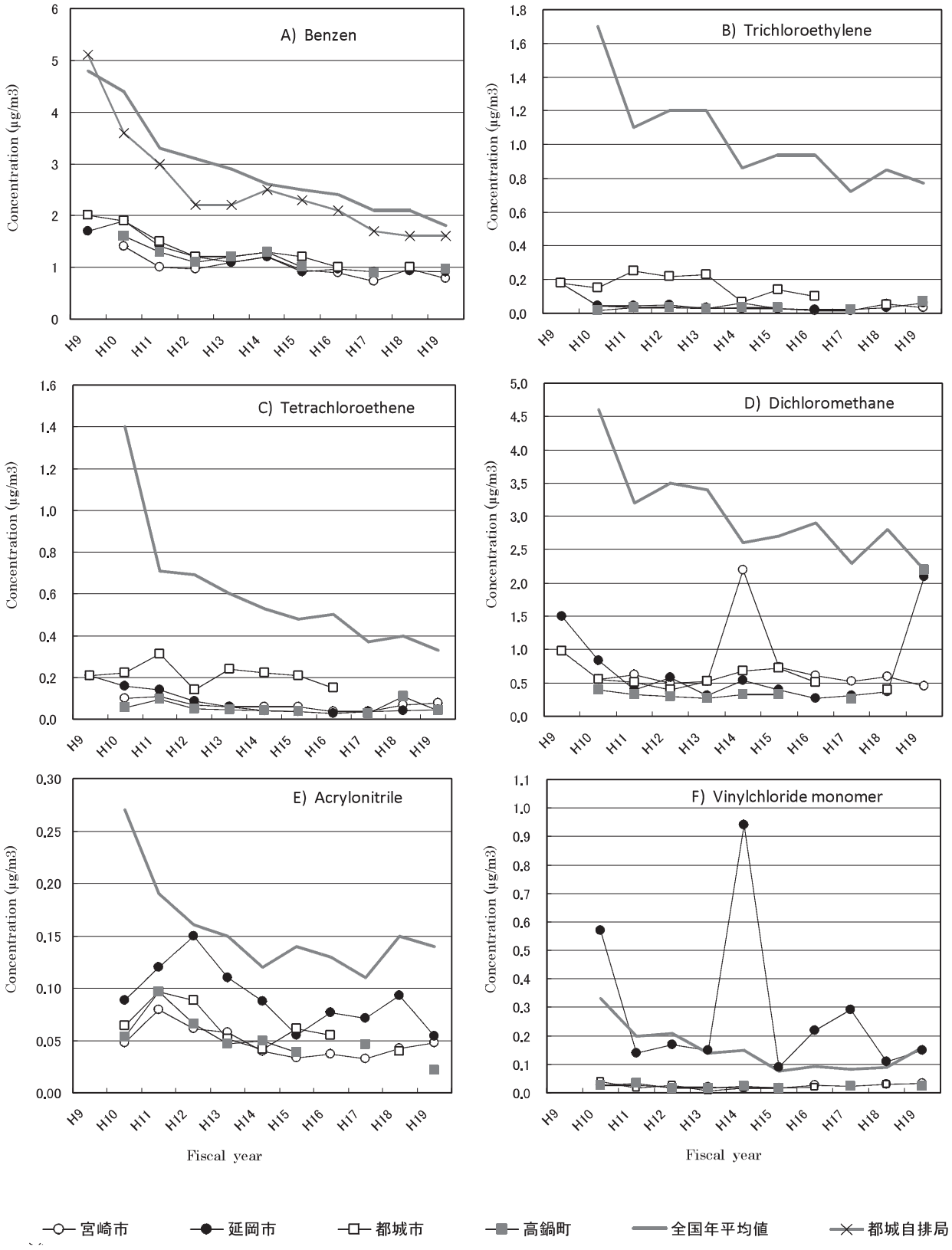

Fig. 2-1 The change of annual average concentration of benzen(A), trichloroethylene(B), tetrachloroethene(C), dichloromethane(D), acrylonitrile(E), and vinyl chloride monomer(F), in the environmental atmosphere

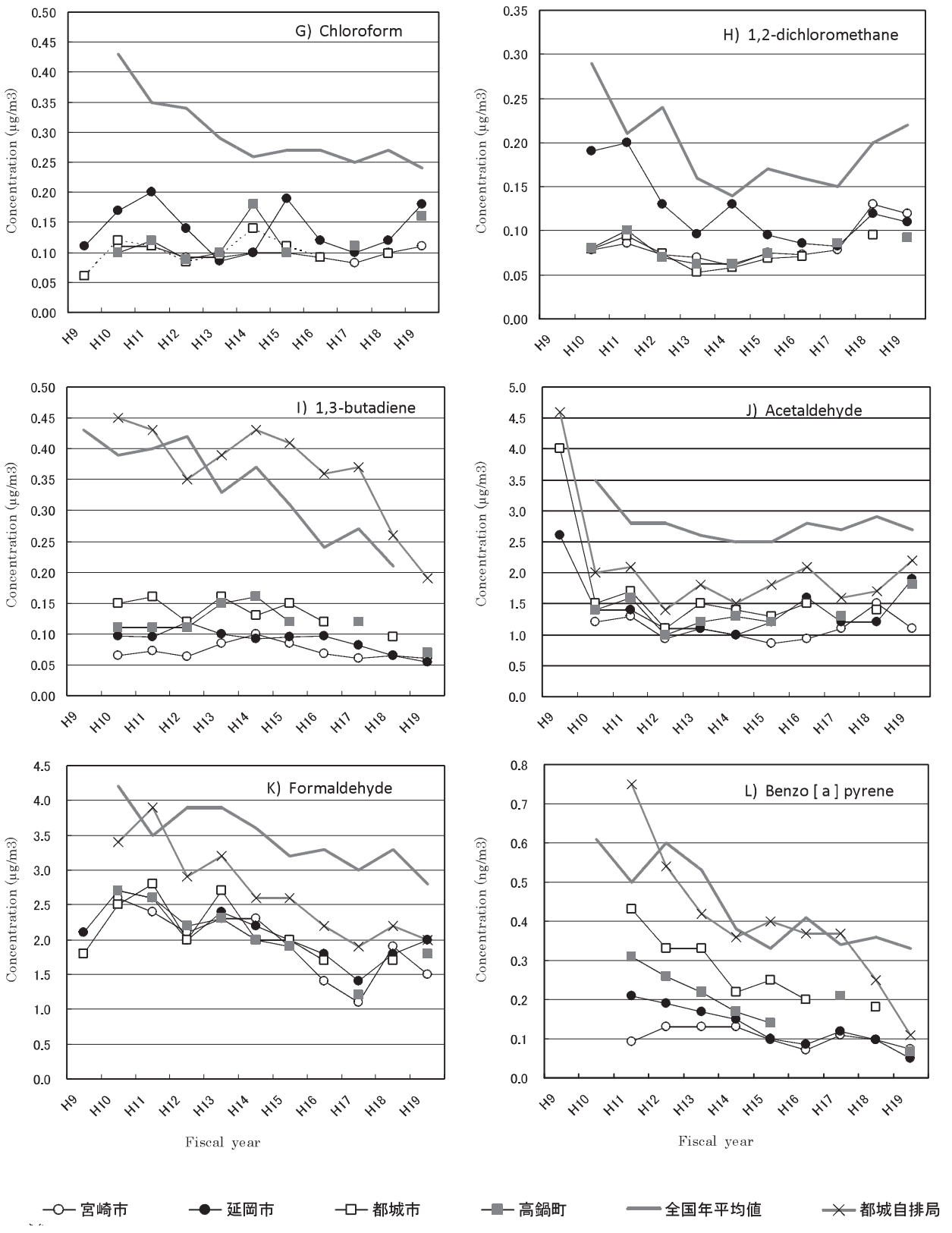

Fig. 2-2 The change of annual average concentration of chloroform(G), 1,2-dichloroethane (H), 1,3-butadiene(I), acetaldehyde(J), formaldehyde(K), and benzo［a］pyren(L), in the environmental atmosphere

参考基準（0.8 μg/m^3）を超えて検出された.

また，自動車排ガスの影響が考えられる都城自排局では，これら 2 物質についても，他の地点に比べて高めの濃度で推移していることが認められた.

c）ベンゾ［a］ピレン

ベンゾ［a］ピレンは，燃焼等により非意図的に生成する代表的な発ガン性の多環芳香性炭化水素であり，主に自動車排ガスや燃料の燃焼等に由来する[11]．Fig.2-2(L)に示すとおり，ほとんどの地点でここ数年の間に顕著な減少が見られ，都城自排局以外の地点は，当初から全国平均よりも低濃度で推移している．都城自排局では全国平均よりも高めに検出される年度もあったが，平成 18 年度以降大幅に下回っており，ここでも発生抑制対策が進んでいることが示唆された.

２）地域特性について

大気環境中の VOCs 等汚染状況について，地域（測定地点）の特徴を明らかにするため，主成分分析を試みた[12]．

a）沿道（都城自排局）

都城自排局の大気環境の特徴を把握するため，沿道で測定している 5 物質（ベンゼン，1,3-ブタジエン，ベンゾ［a］ピレン，アセトアルデヒド，ホルムアルデヒド）を解析対象として主成分分析を行った．Table 4 の相関係数行列が示すように 5 物質すべてが相互に有意な正の相関を有することが認められた．特に，ベンゼン，1,3-ブタジエン，ベンゾ［a］ピレンの 3 物質は，それぞれの相関係数が 0.8 以上と極めて強い相関を示した.

主成分分析の結果を Table 5 に示す．主成分 1 の寄与率は 75.5 %，主成分 2 が 13.2%であり，主成分 1 の寄与率の高さが際だっている．主成分負荷量から，主成分 1 は正がベンゼン，1,3-ブタジエン，ベンゾ［a］ピレンを中心とした自動車排ガス由来成分，主成分 2 は正がアセトアルデヒド，負がホルムアルデヒド，主成分 3 は正がホルムアルデヒド，負が 1,3-ブタジエンであった．主成分 1 と 2 についての散布図を Fig.3 に示す.

Table 4　Correlation coefficient matrix (five kinds of compounds)

	A	B	C	D	E
A benzene	1				
B acetaldehyde	**0.600****	1			
C 1,3-butadiene	**0.946****	**0.578****	1		
D formaldehyde	**0.769****	**0.413****	**0.613****	1	
E benzo[a]pyren	**0.863****	**0.456****	**0.821****	**0.759****	1

**:1%有意(>0.398)　*:5%有意(>0.308)

Table 5　Results of principal component analysis of hazardous air pollutants (five kinds of compounds)

	Amounts of load for principal component		
Variable	PC1	PC2	PC3
benzene	0.974	−0.038	−0.121
acetaldehyde	0.676	0.71	0.189
1,3-butadiene	0.925	0.035	−0.342
formaldehyde	0.825	−0.317	0.456
benzo[a]pyren	0.913	−0.235	−0.076
Eigenvalue	3.775	0.662	0.381
Contribution(%)	75.49	13.24	7.62
Cumulativ contribution	75.49	88.73	96.35

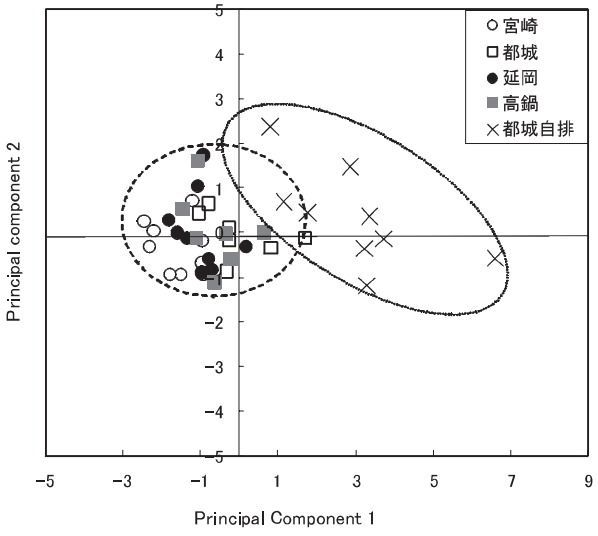

Fig.3　Principal component scores of hazardrous air pollutants (five kinds of compounds ; PC1 vs PC2)

Table 6 Correlation coefficient matrix （twelve kinds of compounds）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A benzene	1											
B trichloroethylene	**0.491****	1										
C tetrachloroethene	**0.616****	**0.820****	1									
D dichloromethane	−0.068	0.023	−0.065	1								
E acetaldehyde	0.187	0.341	0.337	0.314	1							
F vinyl chloride	0.069	−0.104	−0.226	−0.054	−0.125	1						
G chloroform	0.204	−0.126	−0.038	0.271	0.445*	0.035	1					
H 1,2-dichloroethane	0.077	−0.144	−0.079	−0.043	0.164	0.391*	**0.451****	1				
I 1,3-butadiene	**0.710****	**0.536****	**0.567****	−0.287	0.141	−0.145	0.013	−0.359*	1			
J formaldehyde	**0.779****	0.409*	**0.494****	0.035	0.194	0.030	0.142	0.107	0.418*	1		
K benzo[a]pyren	**0.744****	**0.733****	**0.738****	−0.325	0.170	−0.148	−0.169	−0.145	**0.781****	**0.533****	1	
L acrylonitrile	**0.473****	0.148	0.191	−0.315	−0.015	0.341	0.152	**0.552****	0.146	0.447*	0.350*	1

**：1%有意(>0.449)　　＊：5%有意(>0.349)

都城自排局のプロットは自動車排ガスの影響を示す主成分 1 の値が 1 ～ 7 とすべて正の方向に分布しているのに対し，それ以外の測定地点では，主成分 1 が -2 ～+2 とほとんど負の方向に位置しており，分布は明瞭に区分された．

なお，図には示していないが，平成 11 年度からのプロットの経過を見ると，都城自排局において主成分 1 では大きな値から小さな値に向かって，主成分 2 では大きな値に向かって推移していることが確認された．（Fig.3 では右下から左上に向かって推移）この傾向は，程度の差はあるが他の地点でも同様であった．

すなわち，自動車排ガスに由来する VOCs 等は減少，ホルムアルデヒドも減少，またアセトアルデヒドは Fig.2-2（J）に見られるようにわずかな上昇傾向を示しており，得られた主成分及びそれによる散布図はこれらをよく反映したものであった．

b）一般環境及び固定発生源周辺

解析対象は，一般環境及び固定発生源周辺における測定項目のうちの 12 物質とした．Table 6 に相関係数行列を示す．主として自動車排ガス由来成分（ベンゼン，1,3-ブタジエン，ベンゾ［a］ピレン，ホルムアルデヒド）とトリクロロエチレン，テトラクロロエチレンの 6 物質が相互に強い相関を示した．また 1,2-ジクロロエタン，塩化ビニルモノマー，クロロホルム，アクリロニトリルの 4 物質も相互に有意な相関を示した．

主成分分析の結果を Table 7 に示す．主成分 1 の寄与率は 36.9 %，主成分 2 は 18.8 %，主成分 3 は 15.0 %であり，この 3 主成分の累積寄与率は 70.7 %となった．主成分負荷量から，主成分 1 は正が自動車排ガス由来成分及びトリクロロエチレン，テトラクロロエチレン，負がジクロロメタン，塩化ビニルモノマー，主成分 2 は正が 1,2-ジクロロエタン，アクリロニトリル，クロロホルム，塩化ビニルモノマーなど化学工場等が発生源である可能性の高い化合物群，負が 1,3-ブタジエン，ベンゾ［a］ピレンであった．

主成分 1 と 2 についての散布図を Fig.4 に示す．

Table 7 Results of principal component analysis of hazardous air pollutants (twelve kinds of compounds)

Variable	Amounts of load for principal component PC1	PC2	PC3
benzene	0.873	0.23	−0.038
trichloroethylene	0.788	−0.202	0.166
tetrachloroethene	0.846	−0.151	0.163
dichloromethane	−0.179	0.076	0.757
acetaldehyde	0.317	0.22	0.727
vinyl chloride	−0.102	0.56	−0.373
chloroform	0.039	0.621	0.527
1,2-dichloroethane	−0.054	0.88	−0.052
1,3-butadiene	0.798	−0.265	−0.086
formaldehyde	0.725	0.283	0.027
benzo[a]pyren	0.916	−0.174	−0.174
acrylonitrile	0.422	0.655	−0.434
Eigenvalue	4.424	2.254	1.804
Contribution(%)	36.86	18.78	15.03
Cumulativ contribution	36.86	55.64	70.67

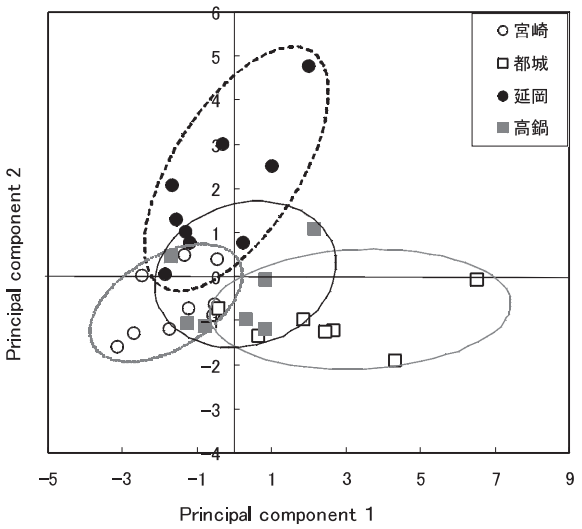

Fig.4 Principal component scores of hazardrous air pollutants (twelve kinds of compounds ; PC1 vs PC2)

固定発生源周辺である延岡のプロットは主成分2の正の方向に分布しており，一般環境である都城は主成分1の正の方向に分布した．

一方，一般環境の宮崎は，原点周辺ではあるが主成分1，2とも負の方向に位置する傾向にあり，高鍋は，これら3地点の中間的な位置に分布するなど，4地点がそれぞれに特有の分布を示した．

このことから，延岡は化学工場等の発生源の影響を，都城は自動車排ガスやトリクロロエチレン等有機塩素系溶剤の影響を受けているのに対し，宮崎は両者の影響は少ないものの過去のジクロロメタン（主成分 1）の影響を受けているといった特徴が見て取れる．

また，図には示していないが，平成11年度からのプロットの経過をみると，いずれの地点も，主成分 1 については絶対値の大きな値から小さな値に向かって推移していることが確認できた．主成分2については，概ね減少傾向にはあるが，最近になってやや上昇している地域や年度によって急に値が上昇する地域が見られた．

以上の結果から，大気中の VOCs 濃度は平成11年度当時から比較すると総じて順調に減少しており，大気環境はここ10年程度で大幅に改善していることが確認された．特に，自動車排ガス由来成分をはじめ多くの VOCs について濃度減少が認められ，様々な排出抑制対策が着実に効果を上げているものと考えられた．

一方で，塩化ビニルモノマー，ジクロロメタンなどについては，頻度は少ないが突発的に全国平均を上回って検出される事象も確認された．アクリロニトリルは，延岡保健所測定局（固定発生源周辺）では指針値を大幅に下回っているが，発生源となりうる事業場の敷地境界付近では指針値を超えて検出されることもあり，発生源での一層の排出抑制対策が求められるところである．

また，1，2-ジクロロエタンやアセトアルデヒドなど，指針値等は十分クリアしているものの最近になってやや上昇傾向にあるものも見受けられた．さらに，バックグラウンドと位置づけられる高千穂の山間部においても，日常生活に由来すると思われる一部の VOCs が発生源周辺と同程度に検出されたことから，今後の動向を注視していく必要があると思われた．

なお，VOC は，光化学オキシダントの原因物質の1つとされるが，県内の大気中の VOCs 濃度は調査した範囲では減少傾向であることから，本県における光化学オキシダント濃度上昇の原因としては考え難い．したがって，光化学オキシダントについては，県内で発生する汚染物質よりも，むしろ他の地域（大陸）からの移流の影響を強く受けている可能性が高いと考えられた．

まとめ

宮崎県内の大気環境における揮発性有機化合物の汚染状況を把握するため，事業場周辺での VOCs の詳細調査を実施した．併せて平成9年度から蓄積されてきた有害大気汚染物質調査のデータ解析を行い，以下の知見を得た．

① 本県の大気中 VOCs 濃度は，優先取組物質であるトリクロロエチレン等 12 物質のほとんどが環境基準や指針値はもとより，全国平均を下回って推移しており，全国平均と比較して極めて良好な状況であった．また，全国の状況と同様に，多くの VOCs 濃度がここ10年で減少しており，大気環境は改善傾向にあった．

② 発生源となりうる事業場敷地付近での詳細調

査においても，調査したVOCs 43物質についてここ7, 8年で大幅な濃度の低下が認められ，排出抑制対策が着実に進んでいることが示唆された.

③ 塩化ビニルモノマー，ジクロロメタン，アクリロニトリルについては，基準値等を下回っているものの，発生源（事業場）周辺等において，頻度は少ないが高濃度が観測された．特にアクリロニトリルは事業場敷地境界付近で指針値を超過する事象も観察された．これらは，発生源の影響によるものと推察されることから，更なる排出抑制対策が求められる.

④ 1,3-ブタジェン，ベンゼン，ホルムアルデヒド，ベンゾ［a］ピレンなどの自動車排ガスに由来すると考えられる物質については，自動車排出ガス測定局において高めの傾向にはあるが，年々改善傾向にあり，現在では基準値等を大きく下回っている.

⑤ 地域（測定地点）の特徴として，「固定発生源周辺」である延岡は化学工場等の発生源の影響を，「一般環境」の都城は自動車排ガス等の影響を受けていると考えられた．「一般環境」の宮崎は比較的良好であるが，ジクロロメタンが突発的に高めに検出されることがあった.

⑥ 県内では，VOC 濃度が減少していることから，光化学オキシダント濃度上昇の原因としてVOC の排出すなわち地域的な発生は考えにくい．このことから，光化学オキシダントの濃度上昇には，他の地域（大陸）からの移流が関与している可能性が高いと考えられた.

県内の大気中VOCsについては，さらなる発生源対策が求められる案件も残されていることから，今後も監視モニタリングを継続していくことが重要と考える.

参考文献

1）宮崎県：環境白書（平成10年度版～平成20年度版），（1998 ～ 2008）

2）祝園秀樹他：光化学オキシダントの挙動解明に関する研究（C型共同研究），宮崎県衛生環境研究所年報，17，65-68，（2005）

3）山川和彦他：「日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究(1)-（7)」，第46回大気環境学会講演要旨集，2005年9月名古屋市.

4）経済産業省ホームページ
http://www.meti.go.jp/policy/voc/index.html

5）山田和史他：大気環境中の揮発性有機化合物濃度調査ー化学工場周辺地域での揮発性有機化合物濃度調査ー，宮崎県衛生環境研究所年報，11，105-108，(1999)

6）山田和史他：大気環境中の揮発性有機化合物濃度調査，宮崎県衛生環境研究所年報，12，109-112，(2000)

7）大気環境測定マニュアル 平成10年環境庁大気保全局大気規制課（現環境省水大気環境局大気環境課）

8）新エネルギー・産業技術総合開発機構
化学物質の初期リスク評価書 2005年5月
http://www.safe.nite.go.jp/management/data/15/4.html#4_2

9）環境省中央環境審議会大気環境部会 健康リスク総合専門委員会（第5回）議事次第・資料「1,3-ブタジエンの健康リスク評価について」p26，平成18年5月30日
http://www.env.go.jp/council/07air/y070-21/mat02-7.pdf

10）環境省中央環境審議会大気環境部会 健康リスク総合専門委員会（第5回）議事次第・資料
http://www.env.go.jp/council/07air/y073-05b.html

11）化学物質の環境リスク評価（環境省環境保健部）
http://www.env.go.jp/chemi/report/h15-01/pdf/chap01/02-3/61.pdf

12）早狩進：Exel アドイン工房，http://www.jomon.ne.jp/~hayakari/PCA.htm