

宮城県における有害大気汚染物質調査

Study on Hazardous Air Pollutants in Miyagi Prefecture

佐久間 隆 小泉 俊一 北村 洋子
木戸 一博 加賀谷秀樹

Takashi SAKUMA, Syun-ichi KOIZUMI, Yoko KITAMURA
Kazuhiro KIDO, Hideki KAGAYA

平成10年度から平成17年度までの有害大気汚染物質モニタリング事業の測定結果から、濃度分布、経年変化、地域特性等についてまとめた。環境基準が設定されている物質については、近年はいずれも環境基準を下回っており横ばい傾向または減少傾向が見られた。指針値が設定されている物質については、いずれの物質も指針値を下回っていたが、調査地点によっては全国平均を上回る物質が見られた。指針値が設定されていない物質についても地点によっては米国環境保護庁の 10^{-5} リスク換算値を超える物質も見られた。また、測定項目間の相関関係は、自動車排出ガスの影響が考えられる物質間についてやや強い相関が見られた。

キーワード：有害大気汚染物質；揮発性有機化合物（VOCs）

Key words：hazardous air pollutants；volatile organic compounds；（VOCs）

1 はじめに

平成8年5月の大気汚染防止法の改正に伴い、国及び地方公共団体は有害大気汚染物質による大気汚染状況の把握に努めなければならないと定められ、本県では平成9年10月から県内4地点において有害大気汚染物質のモニタリング調査を開始し、現在環境省が定める「優先取組物質」22物質のうち19物質について測定を実施している。これらの物質のうち、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタンの4物質については環境基準が設定され、アクリロニトリル、塩化ビニルモノマー、水銀、ニッケル、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン、1,3-ブタジエンの7物質については指針値が設定されている。測定開始後2ヶ年間の調査結果から環境基準達成状況や各調査地点における自動車排出ガスの影響等について報告したが¹⁾、今回さらに平成17年度までの調査結果を基に年平均値による濃度分布、経年変化、地域特性等について概要を報告する。

2 方法

2.1 調査地点及び調査期間

調査地点の概要を図1及び表1に示した。県内4地点（一般環境2地点、沿道1地点、発生源周辺1地点）において平成10年4月から平成18年3月までを調査対象期間とした。



図1 調査地点

表1 調査地点の概要

調査地点	地点分類	備考
大河原町	一般環境	仙南保健福祉事務所屋上
名取市	道路沿道	名取自動車排出ガス測定局
塩竈市	発生源周辺	塩釜一般環境大気測定局
大崎市	一般環境	古川II一般環境大気測定局

2.2 試料採取及び分析方法

環境省の「有害大気汚染物質測定方法マニュアル^{2)~4)}」に従い実施した。表2に対象物質の採取方法及び測定方法の概要を示した。

1) 揮発性有機化合物

揮発性有機化合物（以下、VOCs）は真空化した6Lキャニスター容器を用い大気試料を24時間採取、大気試料濃縮装置（Tekmar社AUTOCAN）により試料を導入しガスクロマトグラフ質量分析法（以下GC/MS、HP社製HP6890+日本電子社製JEOLJMS-AM II 15）により分析を行った。

2) アルデヒド類

大気試料を0.1 l/minの流速でDNPH捕集管に24時間採取、アセトニトリルで溶出し高速液体クロマトグラフ法（HPLC;Waters, alliance PDAシステム）により分析を行った。

3) ベンゾ[a]ピレン

大気試料をハイボリュームエアースンプラにより石英

表2 試料採取方法及び分析方法の概要

対象物質名	採取方法	分析方法
1. ベンゼン	キャニスター容器	GC/MS
2. トリクロロエチレン	〃	〃
3. テトラクロロエチレン	〃	〃
4. ジクロロメタン	〃	〃
5. アクリロニトリル	〃	〃
6. 塩化ビニルモノマー	〃	〃
7. クロロホルム	〃	〃
8. 1,2-ジクロロエタン	〃	〃
9. 1,3-ブタジエン	〃	〃
10. ホルムアルデヒド	固相捕集	HPLC
11. アセトアルデヒド	〃	〃
12. ベンゾ[a]ピレン	ハイボリュームエアースンプラ	GC/MS
13. クロム	〃	ICP/MS
14. ニッケル	〃	〃
15. ヒ素	〃	〃
16. ベリリウム	〃	〃
17. マンガン	〃	〃
18. 酸化エチレン	固相捕集	GC/MS
19. 水銀	金アマルガム捕集	原子吸光

繊維ろ紙上に700 l/minの流速で24時間採取、ろ紙にジクロロメタンを加え超音波抽出した後アセトニトリルに転溶し、GC/MS(島津, QP2010)により分析を行った。

4) 金属類

ベンゾ[a]ピレンと同様に大気試料を石英繊維ろ紙上に採取、圧力容器を用いて酸分解後、誘導結合プラズマ質量分析法(ICP/MS, 日立 P-5000型)により分析を行った。

5) 酸化エチレン

大気試料を0.7 l/minの流速で捕集管(ORBO 78)に24時間採取、トルエン/アセトニトリル抽出した後、

GC/MS(島津, QP2010)により分析を行った。

6) 水銀

大気試料0.5 l/minの流速で金アマルガム捕集管に24時間採取、加熱気化冷原子吸光法(日本インストルメンツ社, WA-4)により分析を行った。

3 結果と考察

調査結果(年平均値)の概要を表3に示した。年平均値は原則として12回の測定結果を算術平均して算出した。なお、平均値の算出にあたり検出下限値未満の場合

表3 各地点の調査結果概要(年平均値)

調査対象物質	年度	大河原町			名取市			塩竈市			大崎市			環境 基準値	EPA	WHO	
		平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値				
トリクロロエチレン	H10-H17	0.32	0.17	~ 0.43	0.20	0.064	~ 0.51	0.12	0.042	~ 0.23	0.11	0.052	~ 0.17	200		23	
テトラクロロエチレン	H10-H17	0.14	0.072	~ 0.27	0.35	0.14	~ 0.55	0.24	0.087	~ 0.43	0.16	0.061	~ 0.32	200			
ベンゼン	H10-H17	1.4	0.87	~ 2.5	2.5	1.8	~ 3.9	1.7	1.0	~ 2.8	1.4	0.98	~ 2.1	3	1.3-4.5	1.7	
ジクロロメタン	H10-H17	1.3	0.83	~ 1.6	3.4	1.1	~ 7.6	4.8	1.1	~ 13	1.7	0.84	~ 4.0	150		20	
アクリロニトリル	H10-H17	0.050	0.024	~ 0.10	0.11	0.070	~ 0.17	0.26	0.070	~ 0.47	0.16	0.070	~ 0.37		2	0.1	0.5
塩化ビニルモノマー	H10-H17	0.033	0.012	~ 0.070	0.039	0.023	~ 0.10	0.039	0.020	~ 0.10	0.033	0.018	~ 0.090		10	2.3	10
クロホルム	H10-H17	0.17	0.12	~ 0.24	0.40	0.20	~ 0.90	0.32	0.11	~ 0.60	0.36	0.18	~ 0.69		18	0.4	
1,2ジクロロエタン	H10-H17	0.095	0.038	~ 0.22	0.12	0.021	~ 0.30	0.10	0.029	~ 0.26	0.093	0.032	~ 0.22		1.6	0.4	
1,3ブタンジエン	H10-H17	0.18	0.091	~ 0.34	0.43	0.24	~ 0.82	0.21	0.097	~ 0.44	0.18	0.10	~ 0.32		2.5	0.3	
アセトアルデヒド	H11-H17	2.7	2.0	~ 5.1	3.2	2.4	~ 4.1	2.9	1.6	~ 3.7	2.3	1.5	~ 2.9			5	
ホルムアルデヒド	H11-H17	2.5	1.9	~ 4.0	4.3	3.2	~ 5.5	2.5	1.8	~ 2.9	2.1	1.6	~ 2.4			0.8	
ベンゾ[a]ピレン	H11-H17	0.30	0.11	~ 0.45	0.39	0.15	~ 0.60	0.27	0.048	~ 0.53	0.25	0.090	~ 0.41				0.11
ニッケル	H15-H17	2.4	2.2	~ 2.6	4.0	3.2	~ 5.0	3.7	2.3	~ 5.4	13	6.3	~ 17		25	40	
ヒ素	H15-H17	0.95	0.69	~ 1.4	1.3	0.89	~ 1.6	1.2	0.72	~ 1.6	1.8	1.1	~ 2.4			2	6.7
ベリリウム	H15-H17	0.23	< 0.40	< 10	0.23	< 0.40	< 10	0.23	< 0.40	< 10	0.23	< 0.40	< 10			4	
マンガン	H15-H17	12	11	~ 13	37	33	~ 45	21	10	~ 30	14	9.7	~ 18				
クロム	H15-H17	3.7	3.3	~ 4.0	5.7	5.3	~ 6.2	5.2	2.2	~ 7.1	4.0	2.7	~ 4.7			0.8	0.25
酸化エチレン	H15-H17	0.26	0.20	~ 0.36	0.46	0.32	~ 0.67	0.27	0.22	~ 0.35	0.27	0.23	~ 0.32				
水銀	H17	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			40	

注: 平均値の欄は年平均の算術平均値を記載した。検出下限値未満のデータは検出下限の1/2を用いた平均値を算出した。

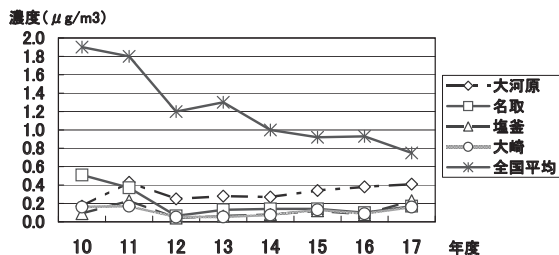


図 2-1 トリクロロエチレン濃度の年平均

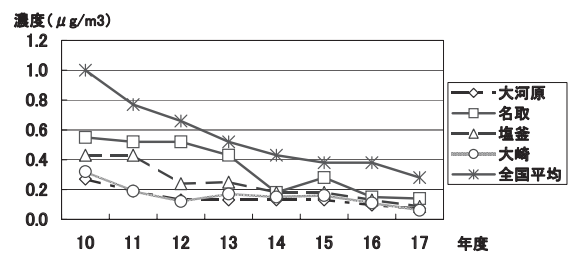


図 2-2 テトラクロロエチレン濃度の年平均値の推移

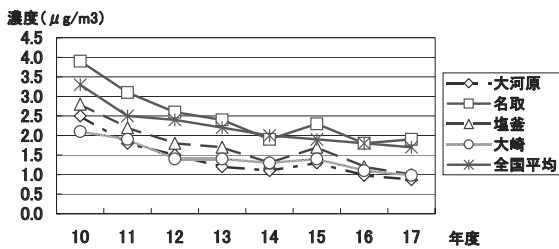


図 2-3 ベンゼン濃度の年平均値の推移

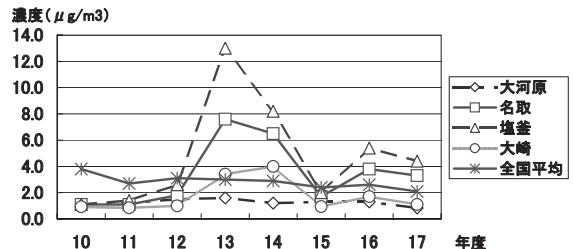


図 2-4 ジクロロメタン濃度の年平均値の推移

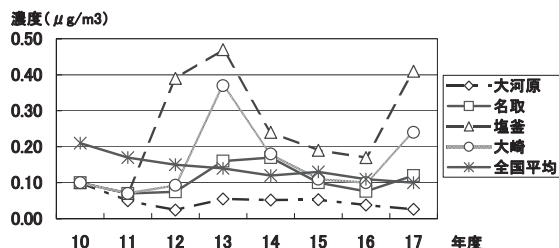


図 2-5 アクリロニトリル濃度の年平均値の推移

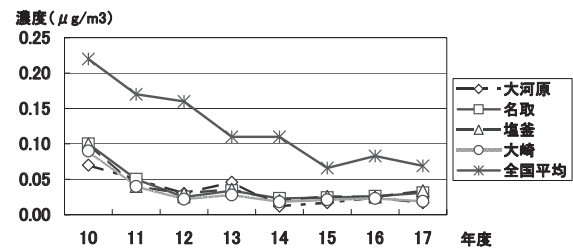


図 2-6 塩化ビニルモノマー濃度の年平均値の推移

は検出下限値の1/2値を用い、検出下限値以上で定量下限値未満の場合は測定値を用いた。

3.1 年平均値の濃度推移

県内4地点における各物質濃度の年平均値と全国の年平均値⁵⁾の推移を図2-1～図2-19に示した。

1) VOCs

トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンについては、環境基準(200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を大きく下回っており全国平均と比較しても低めに推移していた(図2-1, 図2-2)。すべての地点でトリクロロエチレンは横ばい傾向が見られ、テトラクロロエチレンは減少傾向が見られた。ベンゼンについては、平成10年度と11年度に沿道の名取において環境基準(3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を上回ったが、全国平均と同様に各地点とも年々減少傾向が見られた(図2-3)。要因として平成11年7月に移動発生源である自動車のガソリン中ベンゼン含有量を5%以下から1%以下に引き下げる法改正が行われた影響が考えられた。ジクロロメタンについては、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンと同様に環境基準(150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を大きく下回っているが、名取と塩釜で特異的な推移が見られ(図2-4)、近傍に発生源があることなどの要因が推察された。

以下指針値が設定されている物質については、アクリロニトリルが指針値(2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を大きく下回っているが、塩

釜、大崎で特異的な推移をしており全国平均を上回る年度が見られた(図2-5)。塩化ビニルモノマーについても指針値(10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を大きく下回っており、全国平均と同様に減少傾向が見られた(図2-6)。クロロホルムについては、指針値(18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を下回っているが、大河原を除いた3地点で米国環境保護庁(以下、EPA)が設定したユニットリスクに基づく 10^{-5} リスク換算値0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えている年度が見られ、特に名取では全国平均と比較しても高めに推移していた(図2-7)。1,2-ジクロロエタンについては、全国平均と同様に減少傾向が見られた(図2-8)。1,3-ブタジエンについては、指針値(2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を下回っていたが、沿道の名取でEPAのユニットリスクに基づく 10^{-5} リスク換算値0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えている年度が多く全国平均と比較しても高めに推移していた(図2-9)。

2) アルデヒド類

アセトアルデヒドについては、ほぼ横ばい傾向であり名取、塩釜で全国平均より高い年度が見られた(図2-10)。ホルムアルデヒドについては、同様にほぼ横ばい傾向が見られたが、1,3-ブタジエンと同様にディーゼル車等からの排出ガスの影響が考えられる沿道の名取で他の地点より高めに推移し全国平均も上回っていた(図2-11)。また、全地点でEPAの 10^{-5} リスク換算値0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。

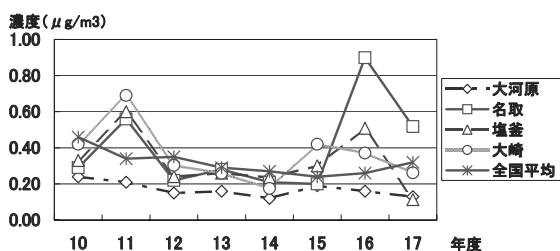


図2-7 クロロホルム濃度の年平均値の推移

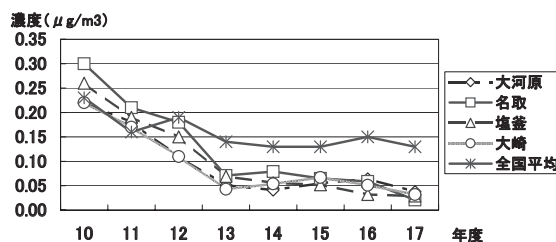


図2-8 1,2-ジクロロエタン濃度の年平均値の推移

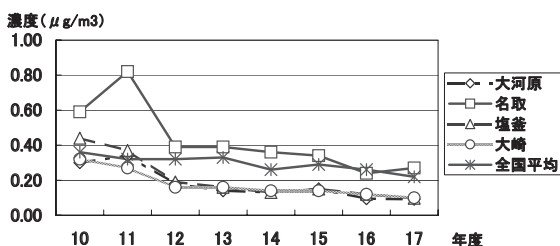


図2-9 1,3-ブタジエン濃度の年平均値の推移

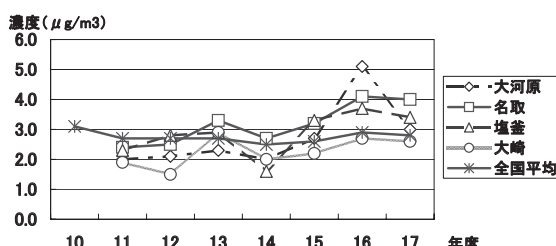


図2-10 アセトアルデヒド濃度の年平均値の推移

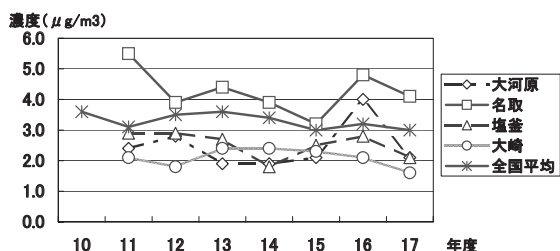


図2-11 ホルムアルデヒド濃度の年平均値の推移

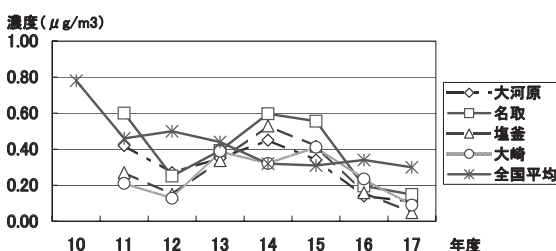


図2-12 ベンゾ[a]ピレン濃度の年平均値の推移

3) ベンゾ [a] ピレン

ベンゾ [a] ピレンについては、全国平均と同様に減少傾向が見られ (図 2-12), 17年度は WHO 欧州地域事務局のガイドライン値 0.11ng/m³ レベルまで減少している。

4) 金属類

ニッケル, ヒ素, ベリリウム, マンガン, クロムの5物質は平成15年度から17年度までの3ヶ年についてまとめた。ニッケルについては、指針値 (25 ng/m³) を下回っているが、大崎において15年度, 16年度に全国平均より濃度が高くなっていった (図 2-13)。これは近傍の石油燃焼施設 (コージェネレーションシステム) の影響が考えられたが、17年度には減少しており燃料高騰等による使用制限も要因の一つと考えられた。ヒ素については、大崎で全国平均より高い年度もあったが、17年度

には全地点で全国平均を下回っており (図 2-14), EPA の 10⁻⁵ リスク換算値 2 ng/m³ 以下であった。ベリリウムについては、全国平均より高く示されているが (図 2-15), 測定値はいずれも検出下限値以下であった。質量が軽い元素については ICP/MS の感度が悪く、低い下限値が得られなかったのが原因であった。マンガンについては、沿道の名取が他の3地点と比較し高めに推移していた (図 2-16)。クロムについては、いずれの地点においても全国平均以下であったが、EPA の 10⁻⁵ リスク換算値 0.8 ng/m³ より高めに推移していた (図 2-17)。水銀については、17年度のみであるが、指針値 (40 ng/m³) 及び全国平均以下であった。

5) 酸化エチレン

酸化エチレンについては、いずれの地点においても全国平均よりも高めに推移していた (図 2-19)。原因は明らかでないが、今後近傍における発生源追跡等の必要があると考えられた。

3.2 測定項目間の相関行列

調査地点ごとの特性を把握するため、各測定項目間の相関行列を表 4-1 ~ 表 4-4 に示した⁶⁾。データは15年度から17年度の3ヶ年のものを用い、ベリリウムについてはすべてのデータが検出下限値以下であること、水銀については17年度のみデータであることから対象

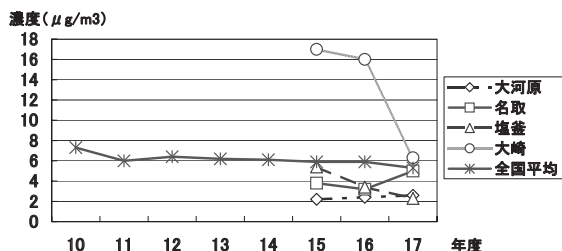


図 2-13 ニッケル濃度の年平均値の推移

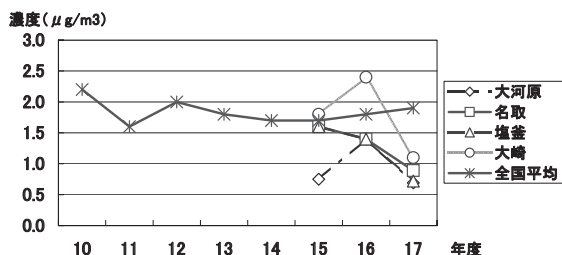


図 2-14 ヒ素濃度の年平均値の推移

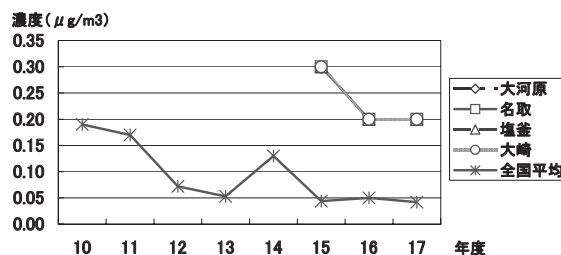


図 2-15 ベリリウム濃度の年平均値の推移

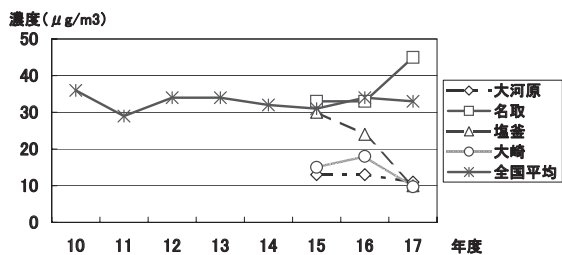


図 2-16 マンガン濃度の年平均値の推移

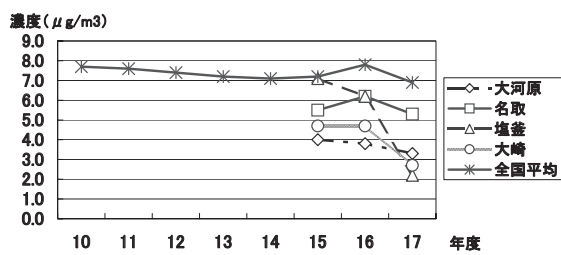


図 2-17 クロム濃度の年平均値の推移

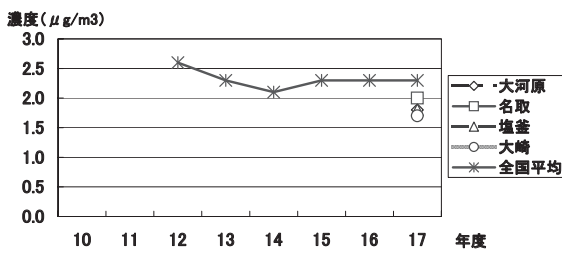


図 2-18 水銀濃度の年平均値の推移

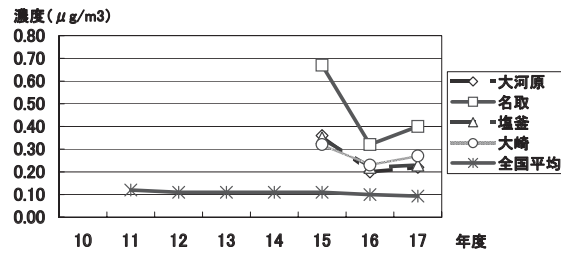


図 2-19 酸化エチレン濃度の年平均値の推移

からはずし解析を行った。大河原においては、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒドで強い相関が見られたほか、ベンゼン、1,3-ブタジエン及びベンゾ[a]ピレンの間でやや強い相関があり自動車排出ガスの影響が大きいと考えられた。アルデヒド類については、名取と塩釜においてもやや強い相関が見られたが、大崎においては相関関

係がないことから他の3地点とは異なる発生要因が考えられた。ベンゼン、1,3-ブタジエン及びベンゾ[a]ピレンの関係については、大崎においてもやや強い相関が見られたが、道路及び近傍の石油燃焼施設の影響が考えられた。金属類については、名取と塩釜で金属間の弱い相関が見られた。

表 4-1 測定項目間の相関行列（大河原）

* : 5%有意(>0.334)

** : 1%有意(>0.430)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 トリクロロエチレン	1																
2 テトラクロロエチレン	0.243	1															
3 ベンゼン	0.374*	0.539**	1														
4 シクロメタン	0.503**	0.424*		1													
5 アクリロニトリル	0.176	0.305	0.470**	0.313	1												
6 塩化ビニルモノマー	0.032	0.024	0.365*	-0.143	0.376*	1											
7 クロロホルム	0.019	0.375*	0.222	0.326	0.104	-0.140	1										
8 1,2ジクロロエタン	-0.196	0.246	0.018	0.249	0.308	0.158	0.438**	1									
9 1,3ブタジエン	0.487**	0.354*	0.746**	0.328	0.286	0.046	0.014	-0.275	1								
10 アセトアルデヒド	0.262	0.020	0.015	0.167	-0.005	0.176	0.185	0.097	0.030	1							
11 ホルムアルデヒド	0.213	0.048	-0.062	0.123	-0.141	0.046	0.269	0.119	-0.049	0.918**	1						
12 ベンゾ[a]ピレン	0.392*	0.217	0.554**	0.264	0.441**	0.152	0.043	-0.012	0.762**	-0.064	-0.111	1					
13 ニッケル	0.023	-0.069	-0.147	-0.048	-0.136	-0.067	0.246	0.314	-0.233	0.054	0.040	-0.091	1				
14 ヒ素	0.096	0.056	0.073	-0.025	0.093	0.359*	0.131	0.366*	0.051	0.132	0.046	0.306	0.458**	1			
15 マンガン	0.333	0.087	0.325	0.111	0.355*	0.317	-0.079	0.071	0.317	-0.031	-0.112	0.584**	0.266	0.555**	1		
16 クロム	0.242	0.052	0.214	0.225	0.158	-0.180	0.206	0.219	0.171	0.105	0.050	0.166	0.377*	0.270	0.151	1	
17 酸化エチレン	0.187	0.434**	0.269	0.539**	0.090	-0.081	0.287	0.040	0.254	0.215	0.115	0.110	0.022	-0.005	-0.119	0.179	1

表 4-2 測定項目間の相関行列（名取）

* : 5%有意(>0.325)

** : 1%有意(>0.418)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 トリクロロエチレン	1																
2 テトラクロロエチレン	0.384*	1															
3 ベンゼン	0.587**	0.450**	1														
4 シクロメタン	-0.050	-0.103	-0.041	1													
5 アクリロニトリル	0.133	0.113	0.018	-0.178	1												
6 塩化ビニルモノマー	0.667**	0.108	0.351*	0.024	-0.088	1											
7 クロロホルム	-0.076	-0.044	0.122	0.158	-0.189	-0.215	1										
8 1,2ジクロロエタン	0.000	0.260	0.156	-0.279	0.070	0.027	-0.338*	1									
9 1,3ブタジエン	0.525**	0.442**	0.794**	-0.072	0.090	0.326*	-0.063	0.104	1								
10 アセトアルデヒド	0.483**	0.153	0.419**	-0.117	0.023	0.261	0.011	0.335*	0.366*	1							
11 ホルムアルデヒド	0.255	0.184	0.100	-0.198	0.212	0.016	-0.097	0.320	0.055	0.609**	1						
12 ベンゾ[a]ピレン	0.033	0.286	0.534**	-0.085	-0.016	0.021	-0.164	0.260	0.395*	0.085	-0.192	1					
13 ニッケル	0.199	0.027	0.053	0.353*	0.438**	0.021	-0.210	0.131	0.054	-0.010	-0.056	-0.111	1				
14 ヒ素	0.332*	0.235	0.393*	-0.025	-0.071	0.382*	-0.308	0.441**	0.173	0.366*	0.253	0.440**	0.096	1			
15 マンガン	0.200	-0.034	0.071	0.236	0.127	0.266	-0.273	0.191	-0.026	0.260	-0.076	0.082	0.638**	0.327*	1		
16 クロム	0.066	0.036	0.159	0.038	0.196	-0.125	-0.111	0.504**	-0.037	0.173	0.218	0.031	0.464**	0.413*	0.479**	1	
17 酸化エチレン	0.278	0.295	0.495**	-0.062	0.097	0.040	-0.053	0.080	0.465**	0.280	0.070	0.623**	-0.021	0.340*	-0.036	0.060	1

表 4-3 測定項目間の相関行列（塩釜）

* : 5%有意(>0.325)

** : 1%有意(>0.418)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 トリクロロエチレン	1																
2 テトラクロロエチレン	0.246	1															
3 ベンゼン	0.182	0.681**	1														
4 シクロメタン	-0.194	-0.173	0.025	1													
5 アクリロニトリル	0.651**	-0.151	-0.072	-0.268	1												
6 塩化ビニルモノマー	0.476**	0.225	0.345*	0.010	0.286	1											
7 クロロホルム	-0.082	0.313	0.164	-0.129	-0.228	-0.057	1										
8 1,2ジクロロエタン	0.105	0.485**	0.128	-0.144	0.040	0.184	-0.038	1									
9 1,3ブタジエン	0.255	0.500**	0.745**	-0.030	-0.094	0.517**	0.126	0.094	1								
10 アセトアルデヒド	0.358*	0.420**	0.273	0.019	0.118	0.001	0.134	0.189	0.131	1							
11 ホルムアルデヒド	0.338*	0.431**	0.122	-0.215	0.025	0.001	0.044	0.344*	0.134	0.752**	1						
12 ベンゾ[a]ピレン	-0.031	0.625**	0.485**	-0.091	-0.169	0.104	0.006	0.492**	0.231	0.096	0.097	1					
13 ニッケル	0.124	0.414*	0.109	-0.103	-0.031	-0.157	-0.184	0.090	-0.125	0.204	0.219	0.338*	1				
14 ヒ素	0.041	0.619**	0.278	0.153	-0.247	0.130	0.007	0.506**	0.106	0.329*	0.248	0.552**	0.415*	1			
15 マンガン	-0.001	0.538**	0.114	-0.030	-0.326*	0.017	0.139	0.464**	0.024	0.080	0.250	0.563**	0.361*	0.687**	1		
16 クロム	0.034	0.518**	0.154	-0.201	-0.268	-0.111	0.035	0.197	0.040	0.238	0.300	0.462**	0.691**	0.535**	0.656**	1	
17 酸化エチレン	0.195	0.497**	0.438**	-0.069	0.163	0.012	-0.067	0.278	0.170	0.495**	0.435**	0.253	0.203	0.372*	0.201	0.274	1

表 4-4 測定項目間の相関行列（大崎）

* : 5%有意(>0.325)

** : 1%有意(>0.418)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 トリクロロエチレン	1																
2 テトラクロロエチレン	0.261	1															
3 ベンゼン	0.136	0.265	1														
4 シクロメタン	0.028	0.102	0.421**	1													
5 アクリロニトリル	0.524**	0.004	0.028	0.050	1												
6 塩化ビニルモノマー	-0.051	-0.019	0.313	0.136	-0.099	1											
7 クロロホルム	0.011	0.064	0.354*	-0.023	-0.283	-0.113	1										
8 1,2ジクロロエタン	0.227	0.521**	-0.060	-0.255	-0.100	0.108	-0.027	1									
9 1,3ブタジエン	0.172	0.148	0.737**	0.400*	0.009	0.226	0.315	0.032	1								
10 アセトアルデヒド	0.371*	0.115	0.130	0.322	0.345*	-0.124	0.225	0.024	0.124	1							
11 ホルムアルデヒド	0.169	0.445**	0.239	-0.094	0.130	-0.065	-0.054	0.311	0.139	0.142	1						
12 ベンゾ[a]ピレン	0.066	0.362*	0.702**	0.221	-0.231	0.182	0.296	0.156	0.569**	-0.143	0.143	1					
13 ニッケル	0.184	0.104	0.135	0.209	-0.114	0.096	-0.148	0.190	0.041	-0.057	0.013	0.287	1				
14 ヒ素	0.046	0.182	0.360*	0.325*	0.087	0.195	-0.075	0.045	0.567**	0.011	0.249	0.507**	0.116	1			
15 マンガン	0.033	0.207	0.254	0.053	-0.014	0.410*	-0.035	0.363*	0.229	0.016	0.268	0.394*	0.292	0.432**	1		
16 クロム	0.206	0.233	0.212	-0.105	0.155	-0.069	-0.145	0.230	-0.022	0.127	0.461**	0.172	0.406*	0.069	0.485**	1	
17 酸化エチレン	0.263	0.352*	0.408*	0.123	0.382*	-0.202	0.222	-0.046	0.255	0.329*	0.204	0.164	-0.054	0.139	-0.005	0.162	1

表5 各地点における主成分の固定値，寄与率，累積寄与率

成分	大河原			名取			塩釜			大崎		
	固有値	寄与率(%)	累積寄与率	固有値	寄与率(%)	累積寄与率	固有値	寄与率(%)	累積寄与率	固有値	寄与率(%)	累積寄与率
主成分1	4.19	24.6	24.6	4.34	25.5	25.5	5.03	29.6	29.6	3.98	23.4	23.4
主成分2	2.53	14.9	39.5	2.50	14.7	40.2	2.58	15.2	44.8	2.36	13.9	37.3
主成分3	2.24	13.2	52.7	1.84	10.8	51.0	1.99	11.7	56.5	2.21	13.0	50.3
主成分4	1.76	10.3	63.0	1.68	9.9	60.9	1.47	8.6	65.1	1.56	9.2	59.5
主成分5	1.50	8.8	71.8	1.38	8.1	69.1	1.24	7.3	72.4	1.10	6.5	65.9
主成分6	0.85	5.0	76.8	1.24	7.3	76.3	1.11	6.6	79.0	1.07	6.3	72.2
主成分7	0.79	4.6	81.4	0.83	4.9	81.2	0.89	5.2	84.2	0.93	5.4	77.7
主成分8	0.73	4.3	85.7	0.72	4.2	85.5	0.68	4.0	88.2	0.87	5.1	82.8
主成分9	0.60	3.5	89.2	0.59	3.5	88.9	0.49	2.9	91.1	0.71	4.2	87.0
主成分10	0.46	2.7	91.9	0.49	2.9	91.8				0.60	3.5	90.5

表6 各地点における主成分負荷量

No.	大河原		名取		塩釜		大崎	
	主成分1	主成分2	主成分1	主成分2	主成分1	主成分2	主成分1	主成分2
1 トリクロロエチレン	0.608	0.010	0.701	-0.105	0.278	-0.726	0.345	-0.590
2 テトラクロロエチレン	0.596	-0.128	0.538	-0.231	0.911	-0.072	0.549	-0.314
3 ベンゼン	0.799	0.251	0.792	-0.353	0.595	-0.350	0.800	0.260
4 ジクロロメタン	0.619	-0.261	-0.130	0.207	-0.143	0.177	0.391	0.245
5 アクリロニトリル	0.593	0.180	0.178	0.339	-0.123	-0.687	0.109	-0.645
6 塩化ビニルモノマー	0.258	0.159	0.478	-0.070	0.210	-0.606	0.264	0.429
7 クロロホルム	0.328	-0.592	-0.261	-0.376	0.128	0.048	0.216	0.210
8 1,2-ジクロロエタン	0.205	-0.531	0.469	0.357	0.573	0.014	0.300	-0.274
9 1,3-ジエン	0.738	0.401	0.693	-0.405	0.404	-0.484	0.721	0.332
10 アセトアルデヒド	0.200	-0.638	0.636	0.017	0.533	-0.301	0.243	-0.472
11 ホルムアルデヒド	0.099	-0.685	0.354	0.132	0.555	-0.222	0.461	-0.420
12 ベンゾ[a]ピレン	0.737	0.388	0.514	-0.288	0.699	0.226	0.748	0.396
13 ニッケル	0.031	-0.459	0.223	0.725	0.509	0.314	0.326	0.019
14 ヒ素	0.347	-0.202	0.682	0.198	0.761	0.293	0.628	0.232
15 マンガン	0.538	0.247	0.340	0.700	0.680	0.461	0.574	0.068
16 クロム	0.372	-0.302	0.356	0.671	0.676	0.422	0.418	-0.428
17 酸化エチレン	0.433	-0.313	0.576	-0.329	0.588	-0.222	0.435	-0.397

3.3 主成分分析

調査地点ごとの特性を把握するため主成分分析を行い、各地点における固有値，寄与率を表5に、第2主成分までの負荷量を表6に示した⁶⁾。表5をみると第1主成分の寄与率は23.4%（大崎）～29.6%（塩釜）の範囲であり累積寄与率は各地点とも第5主成分までに70%前後に達していた。各主成分が少しずつ影響を与えており測定地点，季節的変動，物質の用途など多くの要因が係わっていると考えられた。次に表6をみると第1成分についてはほとんどの物質が正の符号であり，大河原ではベンゼン，1,3-ブタジエン，ジクロロメタン，トリクロロエチレン，テトラクロロエチレンのVOCsに加えベンゾ[a]ピレンとマンガンの負荷量が高かった。名取ではベンゼン，1,3-ブタジエン，トリクロロエチレン等のVOCsとヒ素の負荷量が高く，塩釜ではテトラクロロエチレン，ベンゾ[a]ピレンのほかに金属類の負荷量が高かった。大崎ではベンゼン，1,3-ブタジエン，ベンゾ[a]ピレンの負荷量が高かった。また第2主成分について，大河原では負の符号でアルデヒド類の負荷量が高く，名取では金属成分の負荷量が高かった。

4 まとめ

宮城県内における平成10年度から平成17年度までの有害大気汚染物質モニタリング事業の測定結果をまとめ，濃度分布，経年変化，地域特性等について概要を把握した。

- (1) 環境基準が設定されている4物質については，調査開始当初名取でベンゼンが環境基準を超える年度もあったが，近年はいずれも環境基準を下回っており横ばい傾向または減少傾向が見られた。
- (2) 指針値が設定されているVOCsについては，いずれの物質も指針値を下回っていたが，塩釜と大崎のアクリロニトリル，名取のクロロホルムで全国平均を上回る年度が見られた。また，地点によってはEPAの10⁻⁵リスク換算値を超える物質も見られた。
- (3) アルデヒド類，ベンゾ[a]ピレンについては，沿道の名取で全国平均を上回る年度が多く自動車排出ガスの影響が考えられた。
- (4) 金属類については，大崎のニッケルで全国平均を上回る年度が見られたが，ほとんどは全国平均以下であった。しかし，クロムのようにすべての地点でEPAの10⁻⁵リスク換算値を超える物質も見られた。
- (5) 酸化エチレンについては，いずれの地点においても全国平均を上回っていた。
- (6) 測定項目間の相関関係は，自動車排出ガスの影響が考えられる物質間についてやや強い相関が見られた。

参考文献

- 1) 木戸一博他：宮城県保健環境センター年報，19，108（2001）
- 2) 環境庁大気保全局大気規制課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル，平成9年2月（1997）
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル，平成9年8月（1997）
- 4) 環境庁大気保全局大気規制課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル，平成11年3月（1999）
- 5) 環境省：環境省ホームページ，有害大気汚染物質物質モニタリング調査結果，<http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/>
- 6) 早狩進：Excelアドイン工房，<http://www.jomon.ne.jp/~hayakari/>