

大気環境のモニタリング

—有害大気汚染物質調査結果の検討について—

環境監視部門 大気圏係

要約

2014～2016年度の有害大気汚染物質モニタリング調査の結果は、環境基準値・指針値の定まっている項目については、いずれの地点・年度においても、環境基準値・指針値を下回っていた。調査開始からの経年変化は、多くの項目で減少または横ばい傾向を示していた。2014～2016年度の調査データに自動測定局の測定データを加えて因子分析を行ったところ、自動車排ガス関連物質に関わる因子が確認されるとともに、自動車排ガスからも多く排出されているアルデヒド類については別因子として現れることがわかった。また、有機塩素系溶剤、金属類（マンガンおよびその化合物、ニッケル化合物、クロムおよびその化合物）等で特徴的な挙動が見られた。

1. はじめに

有害大気汚染物質とは、ただちに健康被害を及ぼすことはないものの、長期暴露による健康への影響が懸念される物質で大気汚染の原因となるものとして大気汚染防止法で定義されている。中央公害審議会では、有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質として248物質のリストを作成し、さらにその中の23物質については、優先的に対策を講じるべき物質として「優先取組物質」に指定している。

これらの規定に基づき、当センターでは1997年10月から順次、優先取組物質の環境モニタリングを開始し、現在は21物質について県内7地点、月1回の調査を行っているところである。今回は、既報^{1) 2)}以降の2014～2016年度の3年間の結果を取りまとめるとともに、物質相互の関係を因子分析・クラスター分析によって検討したので報告する。

2. 方法

2.1. 調査地点および調査対象物質

調査地点および調査対象物質を表1に示す。また、調査地点の位置図を図1に示す。1997年に4地点で調査を開始した後、3地点を追加して7地点となり、地点選定ガイドラインに基づく地点の定義の見直しや配置の見直しを行い現在に至っている。

全国標準監視地点は4地点あり、ここでは調査対象物質21物質すべての調査を実施している。対象項目ごとに付与する属性分類については、全国標準監視地点は基本的に

一般環境となる地点を選定しているが、一部の項目では周辺に発生源があるため、固定発生源周辺の属性となっている。

地域特設監視地点は3地点あり、湖南、彦根については固定発生源周辺、自排草津については道路沿道で調査を行っている。これらについてはそれぞれに関連する物質のみを調査しているが、表2の1～11のVOCs11物質については同時分析が可能のため、まとめて分析している。

これらの地点で月1回の頻度で調査を行っている。サンプリング時間は24時間である。

2.2. 分析方法

環境省「有害大気汚染物質分析マニュアル」³⁾に基づいて行っており、その概要を表2に示す。

3. 調査結果および考察

3.1. 2014～2016年度の調査結果の概要

2014～2016年度の3年間の調査結果概要を表3に示した。この表では3年間の平均値を示しているが、環境基準との比較では年平均値を用いることになっているため、環境基準の定められている項目について各年度の平均値と比較した結果、すべての年度・項目において環境基準を下回っていた。また、指針値の定められている項目についてもすべての年度・項目で指針値を下回っていた。

濃度変動の大きさを把握するために、毎月の測定値の最大値と最小値の比を計算した結果を表4に示した。各データには属性として、一般環境、固定発生源周辺、道路沿道

表 1 調査地点および調査項目一覧（2016 年度の状況）

測定地点名	測定地点区分	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	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	トルエン	塩化メチル	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	酸化エチレン	ペリリウム及びその化合物	マンガン及びその化合物	ニッケル化合物	クロム及びその化合物	ヒ素及びその化合物	水銀及びその化合物	ベンゾ[a]ピレン	測定局所在地
草津	全国標準	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	草津市草津町
長浜	全国標準	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	東近江市春日町
東近江	全国標準	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	長浜市分木町
高島	全国標準	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	高島市今津町今津
湖南	地域特設	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	湖南市西峰町
彦根	地域特設	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	彦根市西今町
自排草津	地域特設	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	草津市草津3丁目

【属性】○：一般環境、●：固定発生源周辺、◎：沿道

表 2 調査項目およびサンプリング・分析法

項目名	サンプリング法	前処理・分析法
1 アクリロニトリル	キャスター採取	低温濃縮-GC/MS分析
2 塩化ビニルモノマー		
3 塩化メチル		
4 クロロホルム		
5 1,2-ジクロロエタン		
6 ジクロロメタン		
7 テトラクロロエチレン		
8 トリクロロエチレン		
9 トルエン		
10 1,3-ブタジエン		
11 ベンゼン		
12 アセトアルデヒド	DNPH-silicaカートリッジ捕集	溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ分析
13 ホルムアルデヒド		
14 酸化エチレン	臭化水素酸含浸ガラスファイバー捕集	溶媒抽出-GC/MS分析
15 ベンゾ[a]ピレン	活性炭によるフィルター捕集	溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ分析
16 水銀及びその化合物	金アマルガム捕集	加熱気化冷原子吸光分析
17 ニッケル化合物	活性炭によるフィルター捕集	酸分解-ICP/MS分析
18 クロム及びその化合物		
19 ペリリウム及びその化合物		
20 マンガン及びその化合物		
21 ヒ素及びその化合物		

の3種類があるので、一般環境のみと全データの場合について計算を行った。この結果において、一般環境の範囲で最も大きな濃度変動を示すのはニッケルの1360倍であり、クロム、ベンゾ[a]ピレンがそれに続いた。これら3物質に加えてマンガン、ヒ素が本調査における粒子成分である。粒子成分はガス成分に比べて概して濃度変動が大きくガスと粒子の拡散の違いが関係していると考えられる。逆に濃度変動が最も小さいものは塩化メチルであり、海洋生物が大量に産生している自然由来のものが常在している上に、県内には目立った人為発生源もないことがその理由と考えられる。なお、ニッケル、クロム、ベンゾ[a]ピレン等は最小値が検出下限値未満であり、それらについては、検出下限値の2分の1を最小値として計算しているの、比の値についてもこの条件で計算した場合の結果であることに留意する必要がある。

- 全国標準地点
- 地域特設地点(固定発生源周辺)
- ◎ 地域特設地点(沿道)

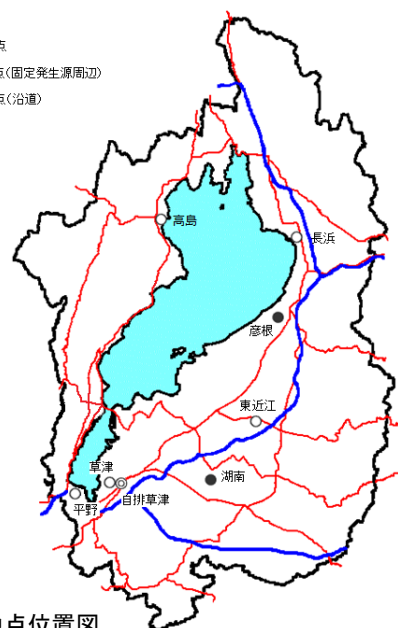


図 1 調査地点位置図

表3 調査結果の概要

項目名	平均値 (平成26~28年度)							最小値~最大値	環境基準・指針値
	草津	東近江	長浜	高島	湖南	彦根	自排草津		
1 ベンゼン	0.67	0.72	0.68	0.52	0.71	0.61	1.0	0.14 ~ 2.0	環 3
2 トリクロロエチレン	0.18	0.10	0.079	0.057	0.12	0.059	0.12	0.007 ~ 0.63	環 200
3 テトラクロロエチレン	0.091	0.054	0.057	0.047	0.099	0.048	0.10	0.010 ~ 0.32	環 200
4 ジクロロメタン	0.99	1.3	1.0	0.77	1.5	1.5	1.1	0.34 ~ 5.5	環 150
5 アクリロニトリル	0.019	0.026	0.028	0.025	0.030	0.021	0.023	0.010 ~ 0.096	指 2
6 塩化ビニルモノマー	0.017	0.020	0.019	0.017	0.018	0.021	0.016	0.0045 ~ 0.087	指 10
7 クロロホルム	0.16	0.15	0.16	0.14	0.39	0.15	0.16	0.062 ~ 1.1	指 18
8 1,2-ジクロロエタン	0.12	0.13	0.13	0.13	0.14	0.12	0.12	0.025 ~ 0.34	指 1.6
9 1,3-ブタジエン	0.060	0.070	0.059	0.027	0.066	0.047	0.15	0.005 ~ 0.34	指 2.5
10 トルエン	5.8	5.1	4.4	1.8	30	3.1	10	0.21 ~ 97	
11 塩化メチル	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	0.87 ~ 1.5	
12 ホルムアルデヒド	1.7	2.0	2.0	1.7	2.1	2.0	2.2	0.26 ~ 9.3	
13 アセトアルデヒド	0.74	0.96	0.90	0.72	0.97	0.84	0.93	0.13 ~ 2.2	
14 酸化エチレン	0.055	0.061	0.053	0.048	0.049	-	-	0.011 ~ 0.15	
15 ベリリウム	0.010	0.011	0.010	0.011	0.010	-	-	0.009 ~ 0.041	
16 マンガン	4.3	4.1	3.6	2.4	5.6	-	-	0.12 ~ 26	指 140
17 ニッケル	0.69	0.68	0.57	0.55	1.1	-	-	0.0025 ~ 4.3	指 25
18 クロム	0.66	0.52	0.40	0.28	1.4	-	-	0.0025 ~ 4.5	
19 ヒ素	0.18	0.19	0.14	0.15	0.24	-	-	0.004 ~ 0.83	指 6
20 水銀	1.5	1.6	1.6	2.3	1.9	-	-	0.48 ~ 8.7	指 40
21 ベンゾ [a] ピレン	0.099	0.12	0.082	0.065	0.093	-	0.15	0.0008 ~ 0.70	

注1：単位(1~14) μg/m³ (15~21)ng/m³

注2：環…環境基準、指…指針値

注3：検出下限値未満のものは、検出下限値の2分の1として計算している。

注4：最小値、最大値は全地点の毎月の測定値を対象としている。

3.2. 経年変化

環境基準が定められている4物質について、調査開始以降の経年変化を図2に示した。ベンゼンについては、自動車排ガス関連物質なので、一般環境と道路沿道について示し、残りの3項目は一般環境濃度について示した。一般環境濃度は、全国標準監視地点(草津、東近江、長浜、高島)4地点の平均により算出した。いずれの項目も減少傾向を示している。環境基準項目以外の項目についても多くの項目で減少ないし横ばいの状況が続いている。

3.3. 各測定項目間の因子分析

因子分析は多変量解析の一方であり、変数の間の相関関係から共通因子を求めることで、多くの変数を少数個の共通因子にまとめて説明する手法である。因子分析法にはいくつかのアルゴリズムがあるが、ここでは最尤法を用いて計算したものを斜交プロマックス回転した結果を示した。

解析する地点は、一般的な傾向を見るために、発生源監視を除いた地点のうち、自動測定局敷地内で測定している地点(草津、東近江、長浜、自排草津)を選定し、自動測定項目を解析に加えることとした。なお、自排草津地点は金属成分等を測定しておらず、他の地点とはかなり条件が異なるので、結果の解釈には注意が必要である。自動測定

表4 最大値/最小値の比の値

項目	一般環境属性のみ	全地点
1 ベンゼン	13	14
2 トリクロロエチレン	90	90
3 テトラクロロエチレン	23	32
4 ジクロロメタン	14	16
5 アクリロニトリル	7.1	9.6
6 塩化ビニルモノマー	18	19
7 クロロホルム	4.7	17.7
8 1,2-ジクロロエタン	14	14
9 1,3-ブタジエン	38	68
10 トルエン	81	462
11 塩化メチル	1.6	1.7
12 ホルムアルデヒド	21	36
13 アセトアルデヒド	17	17
14 酸化エチレン	14	14
15 ベリリウム	-	-
16 マンガン	217	217
17 ニッケル	1360	1720
18 クロム	880	1800
19 ヒ素	208	208
20 水銀	6	18
21 ベンゾ [a] ピレン	875	875

注1：検出下限値未満のものは、検出下限値の2分の1として計算している。

注2：各地点の毎月の測定値を対象としている。

注3：平成26~28年度の期間

注4：ベリリウムは大部分が下限値未満のため除外

項目のデータについては、有害大気調査のサンプリング時間に合わせる必要があるため、有害大気調査の実施期間に対応する1時間値を抽出してその平均を求めた。解析に用いたデータは2014～2016年度の3年間とした。なお、SPM(浮遊粒子状物質)とPM2.5(微小粒子状物質)は類似の指標のため、PM2.5で代表させた。その他の項目としては、Ox(光化学オキシダント)、NO(一酸化窒素)、NO2(二酸化窒素)、SO2(二酸化硫黄)、CO(一酸化炭素)、NMHC(非メタン炭化水素類)を用いた。

求める因子の数はあらかじめ指定することとなるが、それを決定する参考とするため事前に主成分分析を行い、固有値が1以上の主成分の数が各地点で5～6の範囲であることを確認した。指定する因子数は、この主成分の数と同程度が適当であることから、これらの数について実際に解析を行い、最終的に因子数6に決定した。

因子分析では、共通因子を求めることを目的とするが、各変数には共通因子で説明できない部分があるのでその程度を見ておく必要がある。その指標となるのが独立因子であり、計算結果の一覧を表5に示した。独立因子は0～1の範囲の値を取り、値が大きいほど、共通因子で説明できない情報が多いことを表す。地点によって差異はあるが、概ね0.5を超えている項目は塩化メチル、酸化エチレン、水銀であり、これらは独自の変動特性を特に持っている項目と言える。

表6-1～表6-4に第1因子～第6因子までの因子負荷量を示し、併せて想定される発生源、寄与率を示した。因子負荷量については絶対値が0.5以上のものを太字で示した。累積寄与率は、いずれの地点も因子6までで70%台となった。次に、因子負荷量を図示するために、代表地点として草津および自排草津について、各因子の因子負荷量を第1と第2、第3と第4、第5と第6のペアにして、散布図の形で表したものを図3に示した。因子が6個あるためグラフが3つに分かれて全体像が把握しにくい、外周に近い部分ほど因子負荷量が高いことを示している。

因子分析では因子負荷量の大きな項目に基づいて発生源の推定を行うことができる。表6-1～表6-4にその推定結果を示したが、自動車排ガス系の因子が各地点共通に現れるのに対し、工業系等ローカル排出源から出ている物質は調査地点の周辺状況に依存しているため大きく異なっ

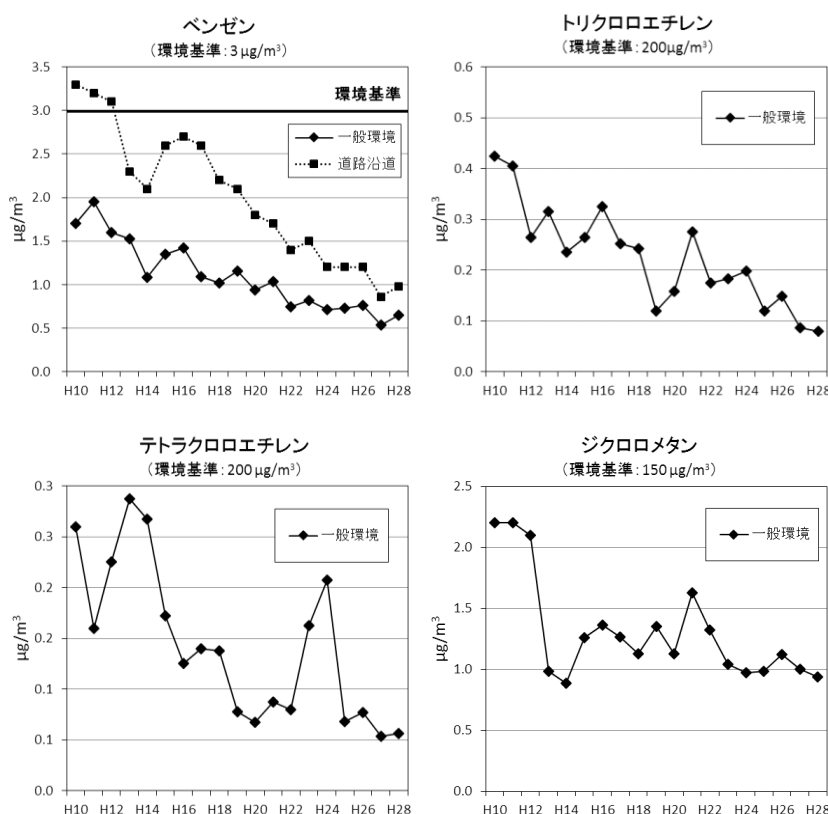


図2 環境基準物質の経年変化

表5 独立因子

	草津	東近江	長浜	自排草津
ベンゼン	0.292	0.115	0.083	0.246
トリクロロエチレン	0.268	0.211	0.467	0.005
テトラクロロエチレン	0.224	0.170	0.117	0.331
ジクロロメタン	0.005	0.322	0.204	0.121
クロロホルム	0.419	0.569	0.283	0.345
1,2-ジクロロエタン	0.171	0.470	0.150	0.316
1,3-ブタジエン	0.232	0.176	0.478	0.005
トルエン	0.062	0.088	0.588	0.759
塩化メチル	0.641	0.865	0.638	0.429
ホルムアルデヒド	0.005	0.130	0.152	0.049
アセトアルデヒド	0.096	0.005	0.029	0.031
酸化エチレン	0.543	0.591	0.510	-
マンガン	0.026	0.198	0.005	-
ニッケル	0.045	0.005	0.038	-
クロム	0.031	0.043	0.025	-
ヒ素	0.462	0.304	0.040	-
水銀	0.644	0.624	0.582	-
ベンゾ[a]ピレン	0.398	0.388	0.326	0.101
Ox	0.203	0.339	0.283	0.207
NO	0.238	0.145	0.182	0.011
NO2	0.068	0.063	0.083	0.133
SO2	0.478	0.760	0.451	0.425
CO	-	-	-	0.314
NMHC	-	0.005	0.081	0.314
PM2.5	0.493	0.005	0.255	0.492

※0.5以上を太字で示した。

表6-1 因子負荷量（草津）

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子
ベンゼン	-0.109	0.672	0.346	-0.170	0.053	-0.126
トリクロロエチレン	0.628	0.219	-0.128	-0.123	0.213	0.194
テトラクロロエチレン	0.413	0.198	-0.246	-0.114	0.692	-0.028
ジクロロメタン	0.524	-0.162	0.450	-0.042	0.169	0.570
クロロホルム	0.084	0.287	0.519	0.138	0.128	0.046
1,2-ジクロロエタン	-0.313	0.049	1.163	-0.038	-0.254	0.153
1,3-ブタジエン	-0.193	0.803	0.067	0.000	0.167	0.293
トルエン	0.129	0.539	-0.191	0.093	0.683	0.056
塩化メチル	0.023	-0.297	0.469	-0.154	0.087	-0.116
ホルムアルデヒド	0.153	-0.262	-0.048	0.914	-0.310	0.134
アセトアルデヒド	-0.079	0.121	-0.030	0.987	0.099	-0.195
酸化エチレン	-0.240	0.028	0.086	0.437	0.421	-0.108
マンガン	0.989	0.037	-0.103	0.057	0.088	-0.113
ニッケル	1.119	-0.239	-0.216	-0.086	0.077	0.082
クロム	1.017	-0.022	-0.082	0.055	0.043	0.035
ヒ素	0.427	0.266	0.224	0.008	-0.164	-0.244
水銀	0.239	0.123	0.172	0.167	0.026	0.369
ベンゾ[a]ピレン	0.117	0.671	0.167	-0.008	-0.072	-0.074
Ox	0.046	-0.343	0.223	0.133	0.086	-0.731
NO	-0.187	0.907	-0.297	0.089	-0.047	0.080
NO2	0.183	0.770	-0.057	-0.003	0.282	0.047
SO2	0.699	0.145	-0.068	0.052	-0.102	0.108
PM2.5	0.441	-0.015	0.359	0.077	-0.058	-0.193
想定される発生源	工業系1+ 自然系(金属)	自動車系	工業系2	アルデヒド ²	工業系3	オゾン
寄与率	23%	17%	12%	10%	7%	6%
累積寄与率	23%	40%	52%	62%	69%	75%

表6-2 因子負荷量（東近江）

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子
ベンゼン	0.626	0.117	0.350	-0.108	-0.138	-0.259
トリクロロエチレン	0.016	0.996	-0.207	0.064	0.111	0.055
テトラクロロエチレン	-0.023	0.975	-0.258	0.185	-0.063	0.011
ジクロロメタン	-0.109	0.744	0.020	-0.131	-0.188	0.608
クロロホルム	-0.134	0.477	0.356	-0.186	0.108	0.047
1,2-ジクロロエタン	-0.266	0.141	0.751	-0.094	-0.036	0.208
1,3-ブタジエン	0.926	0.038	-0.125	-0.099	-0.011	-0.080
トルエン	0.422	0.778	-0.077	-0.023	0.100	0.254
塩化メチル	-0.197	0.217	0.172	-0.063	-0.027	-0.093
ホルムアルデヒド	-0.144	-0.059	-0.184	0.072	0.795	0.089
アセトアルデヒド	0.094	0.093	-0.008	-0.012	1.056	-0.090
酸化エチレン	-0.015	0.057	0.206	0.106	0.041	0.694
マンガン	-0.037	0.141	0.346	0.622	0.033	0.074
ニッケル	-0.128	0.022	0.113	0.954	-0.048	0.034
クロム	-0.065	0.146	0.114	0.833	0.094	-0.030
ヒ素	0.160	0.000	0.615	0.188	-0.073	-0.113
水銀	0.425	-0.039	0.307	-0.157	0.144	0.322
ベンゾ[a]ピレン	0.460	0.295	-0.106	0.194	-0.059	-0.337
Ox	-0.534	-0.072	0.369	-0.036	0.072	-0.417
NO	0.990	-0.285	-0.009	-0.100	0.037	-0.003
NO2	0.700	0.371	0.073	0.102	0.003	0.051
SO2	0.064	-0.100	0.434	-0.069	0.203	-0.221
NMHC	0.623	0.389	0.201	0.051	0.045	0.378
PM2.5	0.173	-0.452	1.172	0.244	-0.077	0.240
想定される発生源	自動車系	工業系1	工業系2	自然系	アルデヒド ²	工業系3
寄与率	18%	17%	14%	10%	8%	7%
累積寄与率	18%	35%	49%	59%	67%	74%

表6-3 因子負荷量（長浜）

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子
ベンゼン	0.380	-0.163	-0.086	-0.165	0.797	0.260
トリクロロエチレン	0.221	0.053	0.327	-0.015	0.115	-0.547
テトラクロロエチレン	0.181	0.265	0.828	-0.261	0.015	-0.154
ジクロロメタン	0.077	-0.036	0.802	0.172	-0.160	-0.191
クロロホルム	0.036	-0.066	0.874	0.108	-0.094	0.270
1,2-ジクロロエタン	-0.207	0.102	0.780	-0.209	0.189	0.002
1,3-ブタジエン	0.678	0.181	-0.213	-0.012	-0.007	-0.168
トルエン	0.608	-0.032	0.067	-0.015	-0.177	0.049
塩化メチル	-0.427	-0.136	0.190	-0.070	0.393	-0.190
ホルムアルデヒド	-0.007	0.072	-0.175	0.882	-0.150	-0.044
アセトアルデヒド	0.041	-0.094	-0.009	1.054	0.047	0.082
酸化エチレン	-0.099	-0.219	0.414	0.460	-0.147	-0.056
マンガン	0.093	1.018	0.129	-0.052	-0.279	0.262
ニッケル	-0.069	1.075	-0.066	-0.106	-0.107	-0.130
クロム	-0.046	0.945	0.096	0.043	-0.053	-0.048
ヒ素	0.113	0.429	0.093	0.036	0.296	0.630
水銀	0.219	0.025	0.348	0.156	-0.153	-0.309
ベンゾ[a]ピレン	0.165	-0.164	-0.048	0.046	0.914	-0.089
Ox	-0.557	0.370	0.076	-0.024	0.058	0.241
NO	0.896	0.004	-0.104	-0.012	0.209	0.030
NO2	0.935	0.000	0.123	-0.028	0.214	0.014
SO2	-0.057	0.395	-0.206	0.511	0.271	-0.029
NMHC	0.907	0.014	0.246	0.062	0.218	-0.012
PM2.5	0.111	0.421	0.151	0.183	0.360	0.315
想定される発生源	自動車系1	自然系	工業系	アルデヒド	自動車系2	不明
寄与率	18%	17%	14%	11%	10%	6%
累積寄与率	18%	34%	49%	60%	69%	75%

表6-4 因子負荷量（自排草津）

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子
ベンゼン	0.113	-0.156	-0.338	-0.072	0.606	0.442
トリクロロエチレン	-0.060	0.182	0.019	-0.101	-0.059	0.975
テトラクロロエチレン	-0.043	0.569	0.159	0.194	0.105	0.052
ジクロロメタン	0.322	0.329	0.078	0.456	-0.166	0.266
クロロホルム	0.231	0.118	-0.104	0.881	-0.177	-0.088
1,2-ジクロロエタン	-0.104	-0.095	-0.222	0.929	-0.133	-0.065
1,3-ブタジエン	1.039	-0.146	0.049	0.078	0.173	-0.048
トルエン	0.516	-0.210	0.177	0.121	0.190	-0.132
塩化メチル	-0.379	-0.226	0.219	0.421	0.252	0.086
ホルムアルデヒド	0.042	0.008	0.960	-0.097	-0.380	0.057
アセトアルデヒド	-0.006	-0.107	1.034	-0.165	0.130	-0.045
ベンゾ[a]ピレン	0.189	0.037	-0.044	-0.135	1.021	-0.148
Ox	-0.694	-0.240	0.030	0.096	0.210	-0.180
NO	0.711	0.399	-0.077	-0.228	0.187	-0.110
NO2	0.365	0.304	0.040	0.062	0.453	0.015
SO2	-0.140	0.605	0.162	-0.133	0.164	0.170
CO	-0.051	1.021	-0.227	-0.072	-0.121	-0.089
NMHC	0.250	0.365	0.154	0.119	0.183	0.088
PM2.5	-0.261	0.314	-0.013	0.357	0.326	-0.071
想定される発生源	自動車系1	工業系1	アルデヒド	工業系2	自動車系2	工業系3
寄与率	16%	14%	13%	13%	12%	7%
累積寄与率	16%	29%	42%	55%	66%	74%

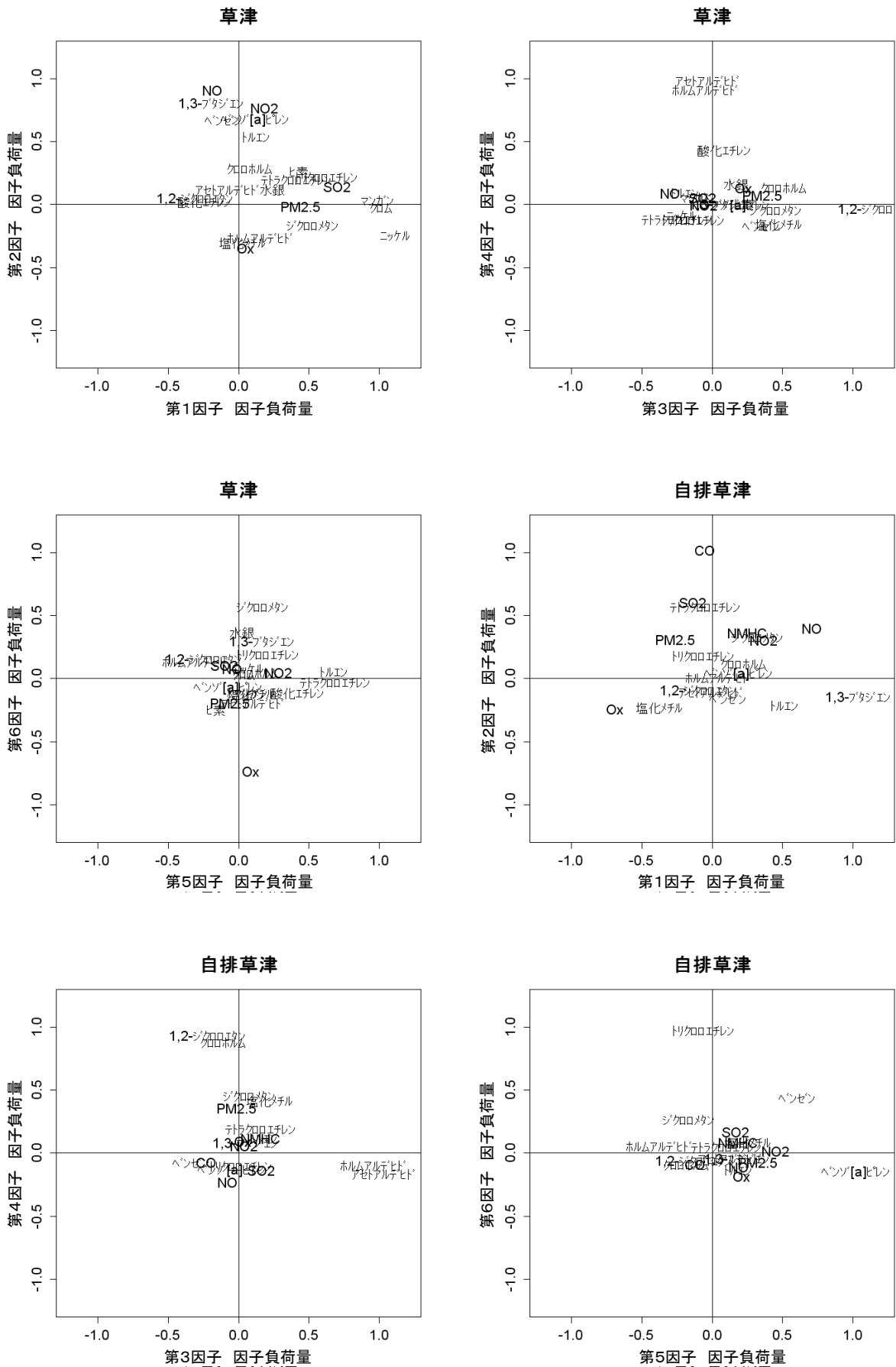


図 3 因子負荷量の散布図

ていた。今回の解析で因子として抽出されたものの主な特徴は以下のとおりである。

①自動車排ガス関連物質と言われるのは、有害大気汚染物質モニタリング調査においては、ベンゼン、1,3-ブタジエン、トルエン、アルデヒド類（ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド）、ベンゾ[a]ピレンであり、自動測定局項目では、一酸化窒素（NO）、二酸化窒素（NO₂）、非メタン炭化水素類（NMHC）、一酸化炭素（CO）、微小粒子状物質（PM_{2.5}）である。自動測定局項目は地点によって測定していない項目がある。これら物質のいくつかの因子負荷量が高い因子は今回解析した地点のすべてで見られており、これらが自動車排ガスの発生源を示す因子と考えられる。これは道路沿道地点だけでなく一般環境でも明瞭に見られる。ただし、いずれの地点でもアルデヒド類だけがその他の物質とは異なった因子を形成している。アルデヒド類が自動車排ガス関連物質でありながら自動車排ガス由来の因子と異なる動きをする理由としては、アルデヒド類の発生源として、自動車排ガス以外に、特に夏場における2次生成、自然系などから多く生成しており、それらの影響が大きいためと考えられる。アルデヒド類とそれ以外の自動車関連因子が分かれる特徴は、自動車排ガスの影響が強い自排草津地点においても見られた。

PM_{2.5}とCOは自動車関連因子との関係はあまり見られなかった。PM_{2.5}については、自動車排ガス以外に大陸からの越境汚染等の影響が大きいと考えられる。COについては、1地点でしか測定していないので、これが一般的な傾向なのかローカル発生源の影響を受けたものなのかは今回の解析ではわからなかった。

②工業系に関連する因子は、各地点の状況に応じて出現しており、複数の因子が現れるケースが一般的である。単独の物質で独自の濃度変動をする物質は工業系、自然系等発生源を問わず因子として捉えにくく因子分析に向かないと言えるが、有機塩素系溶剤（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、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン）については、この中のいくつかの項目がまとまって相関の高い動きをする場合が多いため一つの因子を形成しやすい傾向がある。

③金属成分のうち、マンガンおよびその化合物、ニッケル化合物、クロムおよびその化合物の3物質はいずれの地点でも高い因子負荷量を持つ一つの因子を形成している。このことは、3物質の存在比が安定していることを示していると考えられ、因子の発生源の解釈としては自然系の占める割合が大きいのではないかと考えられる。

因子分析の初期解に適用する回転において、斜交回転を用いた場合は因子間の相関係数を計算できるため、その結果を表7に示した。全体的に弱い相関を持つものはあるが、特に強い相関は見られなかった。

有害大気汚染物質調査の項目ではないが昨今注目されているPM_{2.5}については、東近江の一つの例を除いて因子負荷量がそれほど目立って高いものはなく、今回の因子分析においては、PM_{2.5}とその他の物質との関連性に関する情報があまり見い出せなかった。ただ、例えば数日間に渡る特定のPM_{2.5}高濃度イベントにおいて、PM_{2.5}とその他の物質の濃度に相関があることは、これまでの調査でも確認されており、PM_{2.5}とその他の物質の関連性を多変量解析で詳細に見る手法を検討することが今後の課題である。

3.4. クラスタ分析

クラスタ分析も多変量解析の一方法であり、データ構造が似ている個体と同じグループにまとめていく処理方法である。ここでは、前節の因子分析と同じデータを使い、各調査項目の関係性を見た。

調査項目間の関係を見る場合は変数を対象としたクラスタ分析であるため、非類似度の尺度として、各変数間の距離dを相関係数rに基づいて、

$$d = \sqrt{2(1-r)}$$

により計算した。また、クラスタ形成方法は一般に広く用いられているウォード法を用いた。

表7 因子間の相関係数

草津	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子
第2因子	0.096				
第3因子	0.015	-0.313			
第4因子	-0.461	-0.271	-0.122		
第5因子	0.506	0.036	-0.287	-0.182	
第6因子	0.381	-0.304	0.255	-0.175	0.489
東近江	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子
第2因子	0.024				
第3因子	0.116	0.355			
第4因子	-0.457	-0.136	-0.351		
第5因子	0.454	0.045	0.218	-0.682	
第6因子	-0.376	-0.286	0.105	0.195	-0.393
長浜	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子
第2因子	0.279				
第3因子	-0.191	-0.133			
第4因子	-0.450	0.144	0.082		
第5因子	0.428	0.313	-0.040	-0.370	
第6因子	-0.130	0.399	0.164	0.277	0.110
自排草津	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子
第2因子	-0.396				
第3因子	0.136	-0.229			
第4因子	0.242	-0.613	0.166		
第5因子	-0.598	0.623	-0.330	-0.482	
第6因子	-0.015	-0.455	0.263	0.542	-0.376

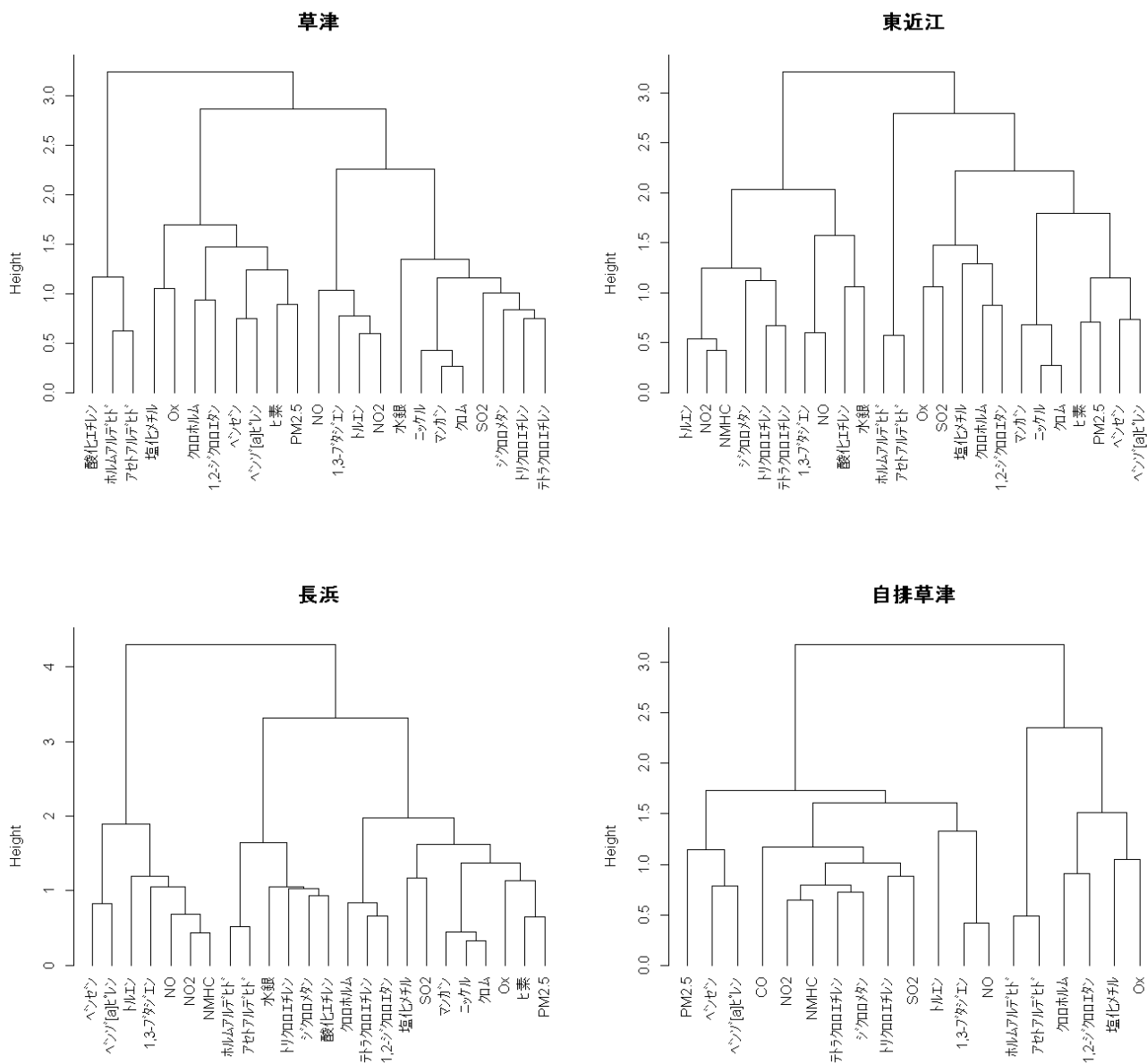


図4 クラスタ分析結果

結果を図4の樹形図(デンドログラム)に示す。全体的には、因子分析の項で述べた特徴がここでも同様に現れているが、因子分析では見られなかった特徴もあり、ヒ素とPM2.5がいずれの地点においても近い位置関係にあることなどが挙げられる。

このように有害大気汚染物質や自動測定データなど発生源が多様で複雑なものを多変量解析した場合、手法によって、得られる結果が異なっている場合があり、どういう風に解釈するかが問われるところである。今後も様々な条件で解析を行って、知見を積み重ねることにより、解釈をより高度化させていくことが今後の課題と言える。

4. まとめ

- ①2014～2016年度の有害大気汚染物質モニタリング調査についてその結果を示した。環境基準値・指針値の定まっている項目については、いずれの地点・年度においても、環境基準値・指針値を下回っていた。経年変化については、多くの項目で減少または横ばい傾向を示していた。
- ②濃度変動は、ガス状物質より粒子状物質のほうが変動が大きい傾向が見られた。
- ③因子分析を行ったところ、自動車排ガス関連物質に関わる因子が明瞭に現れているとともに、自動車排ガスからも多く排出されているアルデヒド類については別因子

として現れることがわかった。また、有機塩素系溶剤、金属類（マンガンおよびその化合物、ニッケル化合物、クロムおよびその化合物）等で特徴的な挙動が見られた。

④クラスター分析を行ったところ、因子分析と同様な傾向と因子分析では把握できなかった傾向とが見られ、多角的な観点から解析を進めることができた。

5. 引用文献

- 1) 服部達明・吉川英一・田中博子・西村政則・五十嵐恵子：有害大気汚染物質モニタリング調査結果について，滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター試験研究報告，2，168-175（2006）
- 2) 瀧野昭彦・三田村徳子・園 正・五十嵐恵子・海東 聡：大気環境のモニタリングー有害大気汚染物質モニタリング調査結果についてー，8，50-60（2012）
- 3) 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（2011年3月改訂版）