

降下ばいじん調査結果 解析結果報告書（概要版）

要 旨

粉じんの苦情・要望が寄せられている地域における主要な発生源を明らかにし、臨海部における効果的な粉じん対策を講じるため、降下ばいじんの全市的な調査結果の解析を行った。

解析の結果、臨海部 4 地点（寒川小学校、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク及び千葉職業能力開発短期大学校）が他の地域より降下ばいじん量が多い要因としては、様々な発生源が考えられるが、その中でも製鉄工場の影響が比較的大きいものと認められた。また、蘇我保育所及び都公園についても、同様の傾向が一定程度認められた。

1 解析について

(1) 経緯及び目的

中央区臨海部の地域住民から本市に対し、粉じんの苦情（ベランダや手すり等が黒く汚れる等）や要望が断続的に寄せられている。このような状況から、平成 24 年から平成 26 年にかけて粉じん実態調査を実施するとともに、当時の千葉市環境審議会大気環境保全専門委員会において調査結果を審議し、平成 26 年 11 月に同専門委員会から「粉じん対策についての提言」を受けた。平成 27 年度からは、提言内容に基づき、降下ばいじんの全市的な調査を実施している。

今般、苦情・要望が寄せられている地域における粉じんの主要な発生源を明らかにし、その結果に基づいて臨海部における効果的な粉じん対策を講じるため、平成 27 年度以降の全市的な調査結果の解析を行うこととした。

(2) 解析対象の降下ばいじんデータ

図 1 に示す方法で捕集された降下ばいじんデータを使用する。図 2 は採取時の様子である。

ア 期間 平成 27 年 4 月～平成 31 年 3 月（48 か月分）

イ 地点 12 か所（図 3 及び表 1 のとおり）

ウ 項目 15 項目（表 2 のとおり。表 2 の 4～15 の成分は各分析機器により測定）

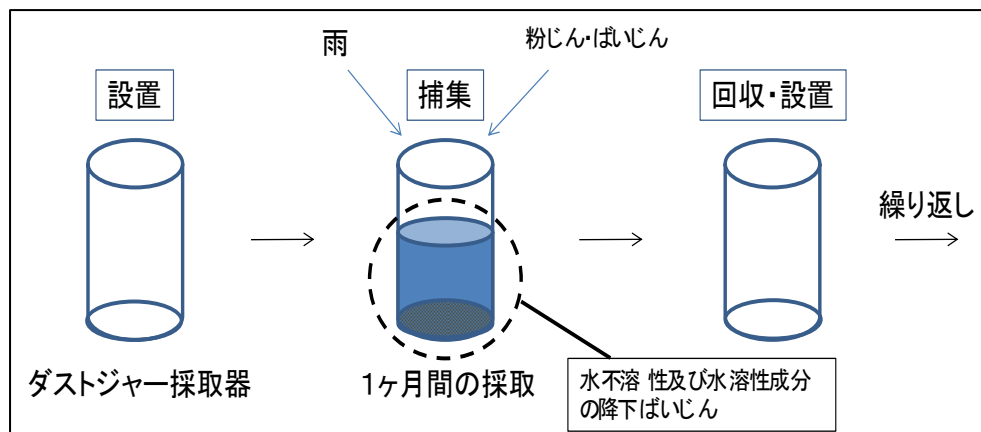


図 1 調査方法



図 2 採取時写真

《参考》

降下ばいじん（総降下ばいじん量）に係る環境目標値（平成 23 年 4 月千葉市環境基本計画）

「月間値の年平均値が $10 \text{ t/km}^2/\text{月}$ 以下であり、かつ、月間値が $20 \text{ t/km}^2/\text{月}$ 以下であること。」

※単位の「 $\text{t/km}^2/\text{月}$ 」は「 $\text{g/m}^2/\text{月}$ 」と同じ。

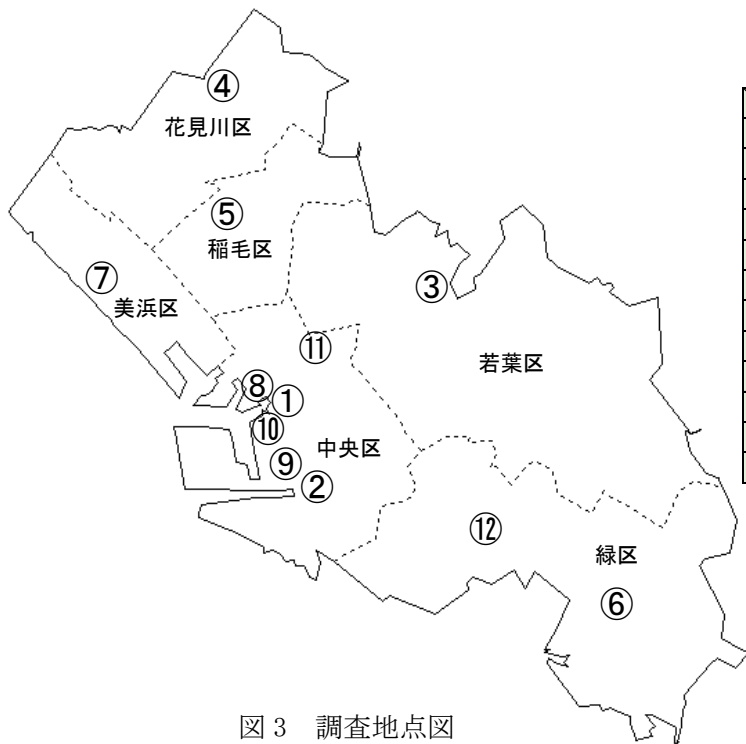


図3 調査地点図

表1 調査地点

	調査地点名
①	寒川小学校測定局
②	蘇我保育所測定局
③	千城台北小学校測定局
④	花見川小学校測定局
⑤	宮野木測定局
⑥	土気測定局
⑦	真砂公園測定局
⑧	千葉職業能力開発短期大学校
⑨	アリオ蘇我
⑩	フェスティバルウォーク蘇我
⑪	都公園測定局
⑫	泉谷小学校測定局

表2 調査項目

	調査項目名
1	総降下ばいじん量
2	溶解性降下ばいじん量
3	不溶解性降下ばいじん量
4	元素炭素【EC】
5	有機性炭素【OC】
6	鉄【Fe】
7	マンガン【Mn】
8	鉛【Pb】
9	アルミニウム【Al】
10	バナジウム【V】
11	クロム【Cr】
12	マグネシウム【Mg】
13	カルシウム【Ca】
14	セリウム【Ce】
15	ランタン【La】

※調査地点①～⑦、⑪、⑫は各測定局の気象データを使用、⑧は千葉市役所自動車排出ガス測定局（⑧から北西に約780 m）の気象データを代用、⑨は福正寺測定局（⑨から南東に約600 m）の気象データを代用、⑩は寒川小学校測定局（⑩から北東に約650 m）の気象データを代用

（3）解析方法

臨海部とそれ以外の地域との状況の違いを明らかにするため、次の方法により解析を行った。

- ア クラスター分析
- イ 相関分析
- ウ 降下ばいじんの成分量に関する特徴の分析
- エ 主成分分析
- オ 発生源の影響に関する検定

2 解析結果

（1）48 か月平均値及び月間値の状況

地点ごとの各項目の48 か月平均値を表3に示す。総降下ばいじん量は、大きい順に、寒川小学校の8.5 t/km²/月、アリオ蘇我の7.6 t/km²/月、フェスティバルウォークの7.6 t/km²/月、千葉職業能力開発短期大学校の7.2 t/km²/月、都公園の5.6 t/km²/月、蘇我保育所の5.5 t/km²/月となっており、それ以外の地点では1.7～4.6 t/km²/月の範囲となっていた。

月間値の状況としては、降下ばいじんに係る環境目標値（年平均値）に相当する10 t/km²/月を超過している月数は、48 か月中、寒川小学校、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク、千葉職業能力開発短期大学校及び都公園では延べ7～14 か月の範囲、蘇我保育所では延べ4 か月となっていた（それ以外の6 地点は0 又は延べ3 か月）。

表3 地点ごとの各項目の48 か月平均値

地点	降下ばいじん(t/km ² /月)			炭素成分(kg/km ² /月)		金属成分(kg/km ² /月)									
	総降下ばいじん量	溶解性降下ばいじん量	不溶解性降下ばいじん量	元素炭素(EC)	有機性炭素(OC)	鉄	カルシウム	マンガン	クロム	ランタン	セリウム	アルミニウム	鉛	バナジウム	マグネシウム
寒川小学校	8.47	1.69	6.78	1163.47	1039.60	712.36	164.13	9.87	4.95	0.08	0.14	136.69	0.64	0.57	36.44
蘇我保育所	5.50	1.32	4.18	431.23	475.38	336.67	170.10	8.10	3.17	0.07	0.11	155.48	0.42	0.51	37.48
千城台北小学校	4.55	2.03	2.53	68.31	471.36	162.05	49.00	2.72	0.66	0.04	0.06	139.67	0.35	0.38	19.42
花見川小学校	4.49	1.73	2.75	65.24	377.61	156.28	40.70	2.66	0.37	0.04	0.08	151.54	0.35	0.40	18.30
宮野木	2.75	1.50	1.25	53.07	208.88	93.71	34.41	1.43	0.34	0.02	0.04	54.62	0.16	0.17	12.87
土気	1.71	0.88	0.83	16.90	169.02	46.84	5.15	0.67	0.10	0.02	0.02	47.47	0.09	0.11	4.76
真砂公園	2.33	1.22	1.11	61.62	213.69	92.12	15.48	1.20	0.42	0.02	0.03	45.76	0.13	0.15	7.29
千葉職業能力開発短期大学校	7.17	2.36	4.80	520.08	542.19	807.42	221.20	13.33	19.97	0.08	0.13	129.67	0.63	0.57	45.34
アリオ蘇我	7.63	1.61	6.03	1221.20	929.57	735.41	161.92	10.76	6.74	0.08	0.13	123.85	0.68	0.58	32.79
フェスティバルウォーク蘇我	7.62	1.67	5.95	1385.26	809.42	578.60	116.49	7.88	4.84	0.07	0.12	113.28	0.71	0.50	25.82
都公園	5.61	1.71	3.90	225.04	354.89	292.20	57.04	3.93	1.98	0.05	0.09	155.73	0.27	0.44	20.51
泉谷小学校	2.10	0.96	1.14	53.66	184.61	77.68	18.44	1.02	0.34	0.02	0.03	54.01	0.12	0.15	9.30

(2) クラスター分析

降下ばいじんの地域的な傾向を把握するため、クラスター分析を行った。

各地点における各項目の48か月平均値(表3)をもとに、地点間のクラスター分析を行った結果(樹形図)を図4に示す。クラスターは大きく分けて2つ、さらに分類すると4つに区分された。

グループ1(寒川小学校、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク)とグループ2(千葉職業能力開発短期大学校)は臨海部の地点で、その他8地点はグループ3(蘇我保育所、千城台北小学校、花見川小学校、都公園)とグループ4(宮野木、真砂公園、泉谷小学校、土気)に区分された。

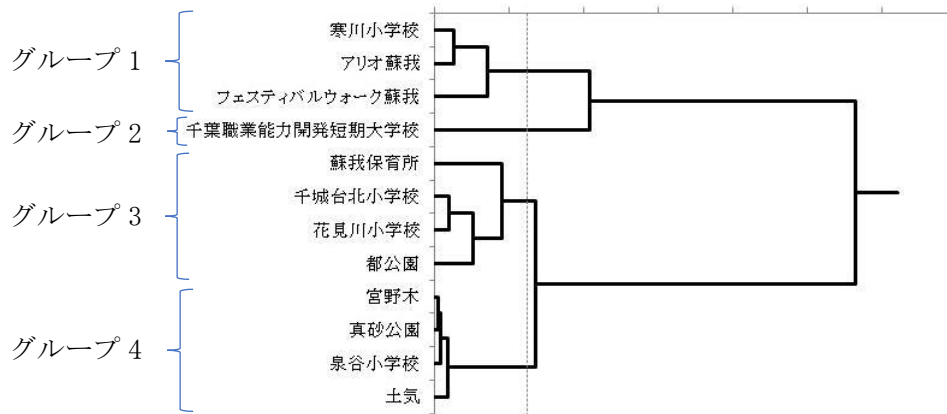


図4 クラスター分析結果（樹形図）

《参考》 クラスター分析

多くの項目を持つデータから性質の似たものをグループ化することによりサンプル間の特徴を明らかにする統計的分析手法。

各データがグループ(クラスター)に併合されていく経過を図で表したものが樹形図で、分けたいグループ数に応じて分割線を引くことで、サンプル全体をグループ化することができる。また、データ同士が結合してグループを形成している距離が短い地点で結合するほど、似たデータであるといえる。

(3) 相関分析

2つの項目(変量)間の相関関係を調べることで降下ばいじんの地域的な特徴を明らかにするため、相関分析を行った。

本分析に当たっての風向については、地域の傾向をわかりやすく捉えるため、総降下ばいじん量が年間最大値を記録することが多い寒川小学校における調査期間中の風配図(風向の出現頻度を表した図:図5のとおり)を参考に、16方位を次のとおり4方位に集約した。

NNE(北北東)、NE(北東)、ENE(東北東)、E(東) ⇒ NE(北東)

ESE(東南東)、SE(南東)、SSE(南南東)、S(南) ⇒ SE(南東)

SSW(南南西)、SW(南西)、WSW(西南西)、W(西) ⇒ SW(南西)

WNW(西北西)、NW(北西)、NNW(北北西)、N(北) ⇒ NW(北西)

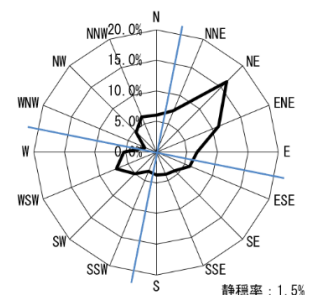


図5 寒川小学校風配図

各地点における総降下ばいじん量と風向との相関の状況を地図上に図示したものを図6に示す。図6において、各地点から伸びる棒の長さとは向きは、総降下ばいじん量と風向別出現頻度との相関係数の絶対値とその風向を示しており、各地点から赤い線の向きに正の相関、青い線の向きに負の相関に係る相関係数の大きさを表している。臨海部の地点において、海側からの風向には正の相関が、内陸側からの風向には負の相関が高い傾向が見られた。

《参考》 相関分析

2つの変量の間で一方の変量が増加すると他方もそれに応じて変化する関係(相関関係)によりデータ間の特徴を明らかにする統計的な分析手法。

2つの変量をもとに-1~1の範囲で算出される相関係数により、一方の変量が増加すると他の変量も増加する「正の相関関係」(相関係数が1に近い)と、一方の変量が増加すると他の変量は減少する「負の相関関係」(相関係数が-1に近い)に分かれる(0に近いほど相関がない)。

(5) 主成分分析

降下ばいじんの地域的な特徴を明らかにするため、主成分分析を行った。

分析は、変数として、黒い粉じんの苦情の原因と考えられる元素状炭素及び比較的量の多い項目（鉄・カルシウム・アルミニウム・マグネシウム）を選択し、地点ごとの平均値（表 4 のとおり）及び全データについて行った。

ア 地点ごとの平均値を用いた分析

地点ごとの平均値を用いた主成分分析の結果、第 1 主成分の寄与率は 78.17%、第 2 主成分の寄与率は 14.49%であり、第 2 主成分までの累積寄与率は 92.66%であった。

主成分得点分布を図 7 に示す。第 1 主成分（x 軸）の状況から、寒川小学校、蘇我保育所、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク及び千葉職業能力開発短期大学校の 5 地点は第 1 主成分の値が大きく、他の 7 地点とは異なる傾向が見られた。

イ 全データを用いた分析

全データを用いた主成分分析の結果、第 1 主成分の寄与率は 71.71%、第 2 主成分の寄与率は 17.30%であり、第 2 主成分までの累積寄与率は 89.01%であった。

主成分得点分布を図 8 に示す。図 8 は、全データをアの結果により降下ばいじん量が多いとされた寒川小学校、蘇我保育所、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク及び千葉職業能力開発短期大学校の 5 地点とそれ以外の 7 地点の 2 つに分けて表したものである。第 1 主成分（x 軸）の状況から、当該 5 地点は、図 7 に示す平均値での解析結果と同様に、他の 7 地点とは異なる傾向を示していることが明らかになった。

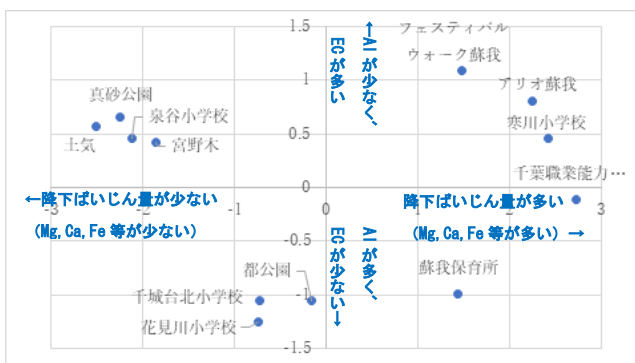


図 7 主成分得点分布（地点ごとの平均値）

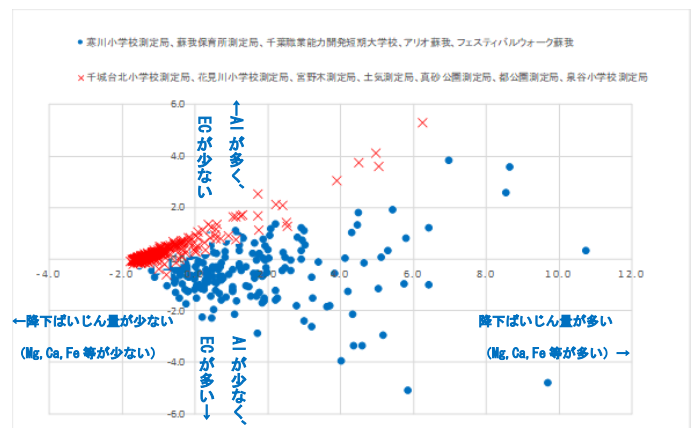


図 8 主成分得点分布（全データ）

《参考》 主成分分析

多くの変数をより少ない合成変数（主成分）に要約することで、できるだけ多くの情報を保存しながら全体の傾向を簡潔に説明するための統計的な分析手法。多次元データを 2 次元等のデータに要約することで、データ全体を視覚化することができ、データが持つ情報を解釈しやすくなる。

寄与率は各主成分が持っている情報の大きさを比率で示したもので、累積寄与率は当該主成分までの寄与率の和であり当該主成分までで保持している情報の大きさを示したものである。主成分得点は通常、複数の主成分を組み合わせた散布図として図示し、各データの位置関係を見ることでそれぞれのデータの特徴の解釈を行う。

(6) 発生源の影響に関する検定

(5) までの結果を踏まえ、臨海部の製鉄工場が風上となる風向の時間が一定時間以上発生した月とそれ以外の月で、総降下ばいじん量等に有意な差があるか否かについて検討を行った。

ここでは、有意水準 5%で、平均値に差があるかについて検定を行った。

この検定は、(5) までの結果により特徴的な項目と考えられる総降下ばいじん量、鉄、元素状炭素及びアルミニウムの 4 項目を対象に行った。

各調査地点において臨海部の製鉄工場が風上となる風向は、図 9 のとおり、各地点につき 1~4 方位を設定した。

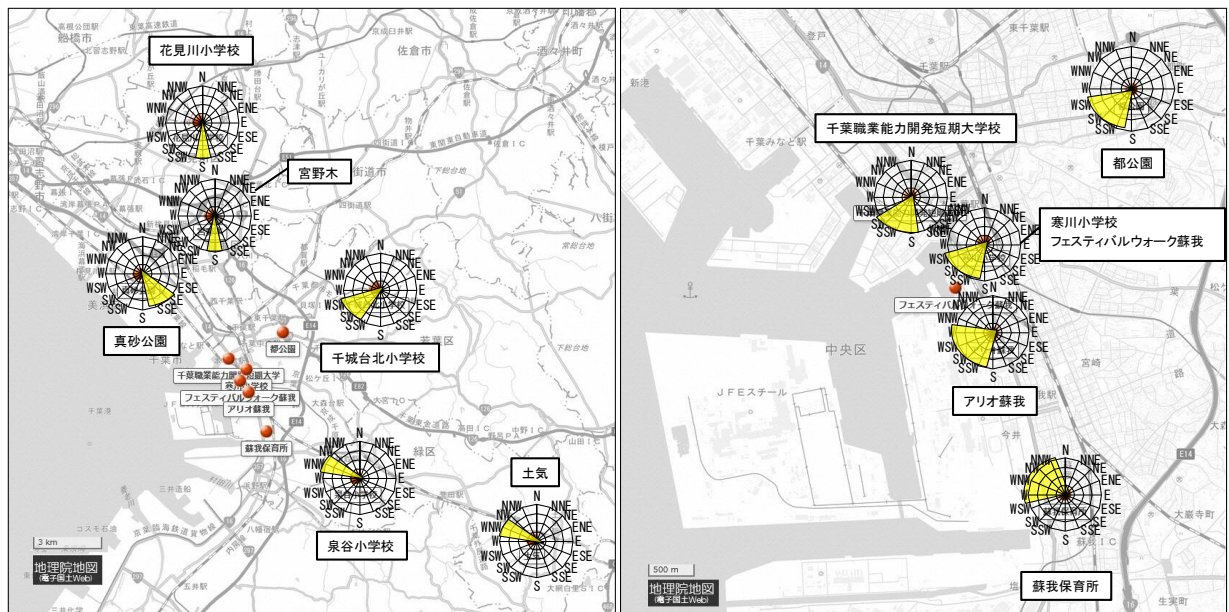


図 9 各調査地点における臨海部の製鉄工場が風上となる風向（設定した風向）

ア 臨海部の製鉄工場が風上となる風向の時間が「100 時間以上発生した月」と「100 時間未満の月」における各項目の平均値の差について

検定の結果、表 5 の左側に黄色で着色したように、寒川小学校測定局、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク及び蘇我保育所においては、全 4 項目について、両者の間に統計的に有意な差が認められた。千葉職業能力開発短期大学校においては元素状炭素を除く 3 項目について、都公園においてはアルミニウムを除く 3 項目について、両者の間に統計的に有意な差が認められた。

イ 臨海部の製鉄工場が風上となる風向であって、かつ風速 6 m/s 以上の時間が「10 時間以上発生した月」と「10 時間未満の月」における各項目の平均値の差について

検定の結果、表 5 の右側に黄色で着色したように、寒川小学校測定局、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク及び蘇我保育所においては、全 4 項目について、両者の間に統計的に有意な差が認められた。都公園においては総降下ばいじん量を除く 3 項目について、両者の間に統計的に有意な差が認められた。

《参考》 検定（統計的仮説検定）

仮説が正しいか否かを統計的手法により判断する方法。最初に「2 つの母集団の平均値に差がない」という仮説を立て、仮説が正しいと前提でデータから統計量や仮説が起こる確率（p 値）を算出し、p 値があらかじめ定めた有意水準（仮説を棄却する基準となる確率）より小さければ仮説を棄却し、仮説とは反対の結論を導く。

表 5 検定結果

調査地点	項目	臨海部の工場等からの風向（全風速）の時間が「100時間以上発生した月」と「100時間未満の月」の各項目の平均値の差の検定結果										臨海部の工場等からの風向（風速6m/s以上）の時間が「10時間以上発生した月」と「10時間未満の月」の各項目の平均値の差の検定結果									
		データ月数 100時間 以上	100時間 未満	平均値 100時間 以上	100時間 未満	標準誤差		t 値	p 値	結 果		データ月数 10時間 以上	10時間 未満	平均値 10時間 以上	10時間 未満	標準誤差		t 値	p 値	結 果	
						100時間	100時間									10時間	10時間				
寒川小学校測定局 (n=48)	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]	20	28	11.76	5.52	1.23	0.80	4.2477	0.0002	○		31	17	10.09	4.53	1.07	0.67	4.4104	0.0001	○	
	鉄[kg/km ² /30日]			947.50	489.82	97.35	71.59	3.7877	0.0005	○				873.23	329.12	80.53	48.43	5.7904	0.0000	○	
	元素状炭素[kg/km ² /30日]			1756.00	745.21	389.45	112.94	2.4927	0.0206	○				1464.19	623.29	266.86	138.33	2.7975	0.0077	○	
アリオ蘇我 (n=47)	アルミニウム[kg/km ² /30日]	21	26	171.95	101.86	20.15	16.68	2.6800	0.0106	○		35	12	161.77	75.06	18.45	9.11	4.2138	0.0001	○	
	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]			9.86	5.65	0.66	0.53	4.9975	0.0000	○				8.45	4.87	0.57	0.71	3.9287	0.0006	○	
	鉄[kg/km ² /30日]			979.05	526.88	88.23	57.99	4.2826	0.0001	○				844.00	393.25	67.32	68.68	4.6872	0.0000	○	
フェスティバルウォーク 蘇我 (n=48)	元素状炭素[kg/km ² /30日]	20	28	1612.86	934.81	202.90	105.10	2.9673	0.0058	○		31	17	1379.14	825.42	142.34	149.78	2.6798	0.0116	○	
	アルミニウム[kg/km ² /30日]			148.90	101.08	12.10	13.87	2.5978	0.0126	○				135.91	83.17	11.34	16.35	2.6504	0.0145	○	
	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]			9.94	5.78	0.92	0.64	3.7157	0.0007	○				8.89	5.00	0.80	0.52	4.0816	0.0002	○	
千葉職業能力開発 短期大学校 (n=48)	鉄[kg/km ² /30日]	9	39	763.50	435.00	63.40	49.06	4.0978	0.0002	○		48	0	688.39	359.41	55.68	44.32	4.6226	0.0000	○	
	元素状炭素[kg/km ² /30日]			1875.50	1175.57	238.08	152.38	2.4761	0.0185	○				1780.97	895.06	182.94	136.49	3.8813	0.0003	○	
	アルミニウム[kg/km ² /30日]			136.80	93.71	12.22	11.65	2.5516	0.0143	○				130.42	77.47	11.98	7.85	3.6959	0.0006	○	
蘇我保育所測定局 (n=48)	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]	17	31	11.71	6.12	1.06	0.58	4.6235	0.0005	○		22	26	-	-	-	-	-	-	-	
	鉄[kg/km ² /30日]			1451.11	658.87	131.03	82.90	5.1097	0.0001	-				-	-	-	-	-	-	-	
	元素状炭素[kg/km ² /30日]			770.89	482.21	240.06	52.48	1.2562	0.2414	-				-	-	-	-	-	-	-	
都公園測定局 (n=47)	アルミニウム[kg/km ² /30日]	18	29	200.89	113.23	37.79	10.62	3.3622	0.0049	○		29	18	-	-	-	-	-	-	-	
	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]			7.65	4.32	1.14	0.43	2.7254	0.0128	○				7.45	3.85	0.97	0.31	3.5298	0.0016	○	
	鉄[kg/km ² /30日]			493.53	250.65	54.08	26.06	4.0457	0.0005	○				468.18	225.38	50.21	17.88	4.5554	0.0001	○	
千城台北小学校測定局 (n=47)	元素状炭素[kg/km ² /30日]	16	31	641.35	316.00	84.15	46.68	3.3811	0.0023	○		21	26	625.00	267.27	77.17	35.92	4.2028	0.0002	○	
	アルミニウム[kg/km ² /30日]			229.29	115.00	39.82	21.06	2.5372	0.0177	○				234.59	88.54	37.79	10.62	3.7208	0.0010	○	
	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]			7.44	4.73	0.87	0.80	2.2971	0.0268	○				6.45	4.68	0.80	0.95	1.4258	0.1621	-	
土気測定局 (n=47)	鉄[kg/km ² /30日]	2	45	395.56	216.93	43.12	32.34	3.3140	0.0022	○		5	42	352.41	177.28	37.10	32.05	3.5726	0.0009	○	
	元素状炭素[kg/km ² /30日]			314.44	164.31	32.29	27.21	3.5554	0.0010	○				276.17	134.22	30.34	25.53	3.5801	0.0008	○	
	アルミニウム[kg/km ² /30日]			192.67	124.69	29.80	29.53	1.6203	0.1126	-				187.31	91.78	29.65	26.57	2.3998	0.0207	○	
泉谷小学校測定局 (n=48)	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]	3	45	4.84	3.85	0.52	0.56	1.2967	0.2019	-		0	48	5.39	3.22	0.61	0.50	2.7772	0.0082	○	
	鉄[kg/km ² /30日]			182.75	135.39	21.41	25.36	1.4271	0.1607	-				174.33	133.08	28.85	23.61	1.1066	0.2749	-	
	元素状炭素[kg/km ² /30日]			72.81	69.77	6.19	9.60	0.2660	0.7915	-				73.00	69.04	5.44	11.26	0.3168	0.7532	-	
【備考】 ※花見川小学校測定局、宮野木測定局及び真砂公園測定局は、上記2つの条件のいずれも満たす月がなくデータの振分けができないため除外	アルミニウム[kg/km ² /30日]	3	45	132.06	125.06	20.40	34.09	0.1761	0.8610	-		0	48	150.29	109.00	38.11	29.12	0.8607	0.3946	-	
	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]			4.50	1.48	3.60	0.16	0.8387	0.5553	-				2.26	1.53	1.47	0.17	0.4942	0.6465	-	
	鉄[kg/km ² /30日]			246.00	34.30	194.00	3.24	1.0911	0.4722	-				124.00	33.70	79.26	3.39	1.1382	0.3184	-	
【結果について】 検定の結果、特定の気象条件を満たした月とそれ以外の月で各項目の平均値に統計的に有意な差があると認められたもの（p値が0.05未満のもの）に「○」を表示した。	元素状炭素[kg/km ² /30日]	3	45	31.00	17.37	4.00	1.56	3.1749	0.1427	-		0	48	30.40	16.46	4.09	1.53	3.1894	0.0231	-	
	アルミニウム[kg/km ² /30日]			322.00	30.36	268.00	3.90	1.0881	0.4731	-				148.80	31.12	110.70	4.02	1.0624	0.3478	-	
	総降下ばいじん量[t/km ² /30日]			4.47	1.86	1.19	0.12	2.1859	0.1579	-				-	-	-	-	-	-	-	
【備考】 ※平均値の差の検定：t検定（ウェルチのt検定、有意水準5%、両側検定）	鉄[kg/km ² /30日]	3	45	173.33	67.87	46.67	5.44	2.2448	0.1505	-		0	48	-	-	-	-	-	-	-	
	元素状炭素[kg/km ² /30日]			69.00	51.01	15.72	7.93	1.0223	0.3789	-				-	-	-	-	-	-	-	
	アルミニウム[kg/km ² /30日]			147.33	45.20	54.96	4.42	1.8524	0.2035	-				-	-	-	-	-	-	-	

【結果について】

検定の結果、特定の気象条件を満たした月とそれ以外の月で各項目の平均値に統計的に有意な差があると認められたもの（p値が0.05未満のもの）に「○」を表示した。

【備考】

※平均値の差の検定：t検定（ウェルチのt検定、有意水準5%、両側検定）

※花見川小学校測定局、宮野木測定局及び真砂公園測定局は、上記2つの条件のいずれも満たす月がなくデータの振分けができないため除外

3 総合評価

- ・寒川小学校、アリオ蘇我、フェスティバルウォーク及び千葉職業能力開発短期大学校（以下「臨海部4地点」という。）並びに都公園においては南西系の風の出現頻度との間に、蘇我保育所においては北西系の風の出現頻度との間に、相関係数が0.6以上の正の相関が見られる項目（降下ばいじん量及びその成分量）が比較的多い。
- ・臨海部4地点において鉄／アルミニウム比が高い。
- ・臨海部4地点、蘇我保育所及び都公園において元素状炭素の有機性炭素に対する比率が高い。
- ・統計的検定の結果から、臨海部4地点、蘇我保育所及び都公園における総降下ばいじん量等が臨海部の製鉄工場が風上となる風向の風による影響を受けていることが示唆されている。

以上の点などを総合的に考慮すると、臨海部4地点が他の地域より降下ばいじん量が多い要因としては、様々な発生源が考えられるが、その中でも製鉄工場の影響が比較的大きいものと認められる。また、蘇我保育所及び都公園についても、同様の傾向が一定程度認められる。