

測定回数の少ない年間平均値の信頼幅の推定

Reliability of Assumptions Made with Infrequently Measured Yearly Averages

西原 幸一 日野 康良 藤田 淳二

Kouchi NISHIHARA Yasuyoshi HINO Junji FUJITA

要 旨

有害大気汚染物質調査では、月1回測定して年間12回の平均値で環境基準を評価するようになっている。環境大気中の汚染質の濃度は、その地点の汚染の程度と採取日の気象条件で変動する。特に気象条件によって大きく変動することが、常時監視の測定結果の変動から推定できる。そこで常時監視測定値を用いて、年間12回の測定値しかないベンゼン濃度が、採取日の違いによってどの程度変動するかを推定することを試みた。ベンゼン濃度と良好な相関関係がある窒素酸化物濃度を用いて推定すると、月1回の測定では変動係数が12%~14%となり、採取日の違いによる偶然により年間平均値の変動が大きいことが分かった。

キーワード：ベンゼン，環境大気，窒素酸化物，一酸化炭素，信頼幅

はじめに

有害大気汚染物質の調査は平成9年度より始まり、香川県では一般環境3地点及び発生源周辺1地点で実施している。一般環境のベンゼン濃度については環境基準と同程度であるため、単年度での環境基準の適否は、月1回(年12回)の測定日の、気象条件に大きく左右されることが予想される。そこで、ベンゼンと良好な相関関係がある窒素酸化物・二酸化窒素・一酸化炭素の常時監視測定値を用いて、月1回無作為に設定した場合の標準偏差及び変動係数を試算し、これを用いて、測定回数の少ないベンゼンについて年間平均値の信頼幅を推定した。その結果若干の知見が得られたので報告する。

調査方法

1 使用した測定値

平成9年度~12年度の窒素酸化物・二酸化窒素・一酸化炭素の常時監視測定値

平成9年度~12年度のベンゼンの測定値

2 方法

月毎に無作為に日を決め、窒素酸化物・二酸化窒素・一酸化炭素の12回の平均値を求めた。これを20回試行し標準偏差及び変動係数を求めた。また四季・隔月・月2回・月4回の調査頻度の場合についても、比較のために同様に求めた。

結果及び考察

1 窒素酸化物・二酸化窒素・一酸化炭素濃度を用いた変動幅の推定

試算した結果は、表1~3のとおりとなった。20回の試行で変動係数が、窒素酸化物で行った場合は表1のとおり、坂出で0.120~0.161平均0.138、丸亀で0.115~0.154平均0.138、直島で0.098~0.146平均0.117であり、1で12%~14%の変動が生じることがわかった。二酸化窒素の場合は表2のとおり、同様に10%程度の変動が生じることがわかった。一酸化炭素の場合は表3のとおり、同様に7%程度の変動が生じることがわかった。窒素酸化物で推定した場合大きく、一酸化炭素で推定した場合小さく、ばら

つきを見積もることになり、どの項目でベンゼンの濃度変動を推定することが良好であるかを、検討する必要があることが分かった。

2 窒素酸化物・二酸化窒素・一酸化炭素濃度の変動とベンゼン濃度の変動

(1) 一酸化炭素について

ベンゼンとこれらの項目は良好な相関があることがわかっている¹⁾。相関関係からはいずれの項目も優劣の差はなかったが、一酸化炭素が最も良好であると報告²⁾した。しかし一酸化炭素の測定機は0.1ppmの桁までしか測定できず、通常の測定値がこの桁であり有効数字の桁数が少ないため、表3に示した標準偏差・変動係数は、良好に算出されていないことも考えられ、ベンゼン濃度の変動の推定には不都合と考えられた。

(2) 窒素酸化物・二酸化窒素について

窒素酸化物・二酸化窒素の濃度変動とベンゼンの濃度変動についても、良好な相関関係があり、相関係数の違いによりいずれを用いて変動を推定することが有利であるか判断できなかった。ベンゼンの主要な発生源は自動車の排気ガスであり、排気ガス中の窒素酸化物は一酸化窒素として9割程度排出されると言われている。二酸化窒素は大気中で酸化されて生成するものが主となる。そこで発生源を考慮すれば、一酸化窒素を含めて測定している窒素酸化物の方が、ベンゼンと同様な濃度変動をすることが推定できる。

表1 設定(採取)日の違いによる測定値の変動(窒素酸化物の場合)

設定(採取)頻度	坂出市役所局		丸亀市役所局		直島町役場局		
	標準偏差	変動係数	標準偏差	変動係数	標準偏差	変動係数	
月1回	H9	4.41	0.120	4.78	0.115	5.00	0.098
	H10	5.32	0.161	5.44	0.150	4.01	0.146
	H11	3.82	0.126	4.42	0.154	2.74	0.102
	H12	5.36	0.145	4.92	0.134	3.65	0.121
四季に1回	H9	7.83	0.231	7.91	0.203	9.30	0.279
	H10	9.74	0.283	9.34	0.270	6.67	0.230
	H11	7.38	0.251	5.63	0.199	6.14	0.219
	H12	9.62	0.257	5.75	0.162	6.10	0.224
隔月に1回	H9	4.40	0.131	5.39	0.142	5.40	0.165
	H10	5.51	0.168	5.72	0.159	4.75	0.168
	H11	6.54	0.209	5.57	0.180	6.75	0.243
	H12	8.50	0.218	6.83	0.182	7.21	0.254
月2回	H9	4.35	0.113	4.04	0.094	3.22	0.089
	H10	2.88	0.089	2.86	0.081	2.50	0.089
	H11	2.95	0.095	2.36	0.081	2.43	0.085
	H12	3.80	0.105	3.16	0.088	2.87	0.100
月4回	H9	3.43	0.093	3.23	0.079	3.11	0.088
	H10	2.42	0.075	2.35	0.067	2.08	0.075
	H11	1.74	0.057	1.40	0.048	1.75	0.064
	H12	2.29	0.061	1.91	0.052	1.79	0.062

表2 設定(採取)日の違いによる測定値の変動(二酸化窒素の場合)

設定(採取)頻度	坂出市役所局		丸亀市役所局		直島町役場局		
	標準偏差	変動係数	標準偏差	変動係数	標準偏差	変動係数	
月1回	H9	1.65	0.073	1.68	0.070	1.96	0.098
	H10	2.09	0.105	1.82	0.087	1.62	0.100
	H11	2.24	0.120	2.06	0.116	1.80	0.112
	H12	2.23	0.106	1.89	0.082	1.60	0.089
四季に1回	H9	3.27	0.156	3.25	0.142	4.31	0.220
	H10	4.27	0.206	3.54	0.169	2.86	0.168
	H11	4.45	0.239	2.53	0.146	2.97	0.181
	H12	4.78	0.217	3.60	0.156	3.31	0.195
隔月に1回	H9	1.98	0.094	2.40	0.106	2.71	0.139
	H10	2.59	0.128	2.01	0.095	2.26	0.135
	H11	3.60	0.192	2.82	0.152	3.17	0.199
	H12	3.55	0.161	2.88	0.125	3.27	0.192
月2回	H9	1.35	0.058	1.35	0.055	1.01	0.049
	H10	1.35	0.068	1.20	0.057	1.08	0.065
	H11	1.61	0.083	0.99	0.055	1.23	0.073
	H12	1.43	0.068	1.30	0.059	1.08	0.064
月4回	H9	1.49	0.065	1.34	0.056	1.10	0.054
	H10	0.93	0.046	0.81	0.039	0.79	0.048
	H11	0.88	0.046	0.85	0.049	0.70	0.043
	H12	1.12	0.054	1.05	0.045	0.84	0.050

表3 設定(採取)日の違いによる測定値の変動(一酸化炭素の場合)

設定(採取)頻度	坂出市役所局		丸亀市役所局		直島町役場局		
	標準偏差	変動係数	標準偏差	変動係数	標準偏差	変動係数	
月1回	H9	0.051	0.091	0.063	0.092	-	-
	H10	0.047	0.081	0.040	0.065	-	-
	H11	0.037	0.071	0.032	0.059	-	-
	H12	0.033	0.066	0.029	0.048	-	-
四季に1回	H9	0.068	0.124	0.156	0.230	-	-
	H10	0.092	0.153	0.070	0.110	-	-
	H11	0.084	0.162	0.075	0.142	-	-
	H12	0.084	0.155	0.076	0.152	-	-
隔月に1回	H9	0.057	0.104	0.102	0.149	-	-
	H10	0.062	0.107	0.058	0.092	-	-
	H11	0.061	0.114	0.074	0.131	-	-
	H12	0.074	0.132	0.060	0.105	-	-
月2回	H9	0.035	0.060	0.040	0.059	-	-
	H10	0.031	0.054	0.028	0.045	-	-
	H11	0.031	0.057	0.021	0.038	-	-
	H12	0.033	0.066	0.026	0.043	-	-
月4回	H9	0.032	0.055	0.031	0.047	-	-
	H10	0.024	0.042	0.022	0.034	-	-
	H11	0.022	0.041	0.017	0.030	-	-
	H12	0.024	0.048	0.019	0.032	-	-

(3) 窒素酸化物を用いた、ベンゼン濃度信頼幅の推定

窒素酸化物の標準偏差・変動係数を用いて、月1回の測定による年間値の信頼幅を推定すると、月に1回いつ試料採取をするかで、偶然による変動が1で測定値の12%~14%生じることがわかった。窒素酸化物の測定値が正規分布すると考えると、1からはずれる場合は約32%であり、月に1回の測定で年平均値とした場合には、3年に1年は毎日測定した平均値から12%~14%差がでるものと考えられた。また年4回の測定では同様に2割以上の差が、年6回では15~20%程度の差がでるものと考えられた。測定回数を増やして月2回では、1割程度の差となり、月4回では7%程度の差となることがわかった。

(4) ベンゼンの実測値への適用

一般環境3地点(通常同一日に採取)の平成9年度から4年間の測定値及び信頼幅は表4のとおりである。環境基準は、坂出及び丸亀では9・10・12年度に超えており、直島では10・12年度に超えていた。ここで信頼幅を考慮すると、坂出では10年度は平均値3.9・標準偏差0.63であり、1.4を考慮しても環境基準を超えており、毎日採取した場合は基準を満たしていた地点が、月1回の採取日が濃度の高い日ばかり採取したために基準を超えた可能性は8%以下と低いことが推定された。しかし9年度と12年度は平均値3.1標準偏差0.37と0.45であり、環境基準は超えてい

表4 ベンゼンの4年間の測定値と一標準偏差の信頼幅(単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	坂出市役所局	丸亀市役所局	直島町役場局	全国平均値(注)
平成9年度	3.1±0.37	3.7±0.43	3.0±0.29	3.5
10年度	3.9±0.63	5.5±0.83	4.4±0.64	3.5
11年度	2.1±0.26	2.8±0.43	2.5±0.26	2.4
12年度	3.1±0.45	4.6±0.62	3.3±0.40	2.6
平均値	3.1±0.21	4.1±0.28	3.3±0.19	

(注) 環境省環境管理局大気環境課のまとめた、継続測定43地点の平均値

るが、0.2 低ければ基準値内である。毎日採取すれば3.0以下となる地点が、月1回の年間平均値で3.1となったことが4割程度起こることが推定された。

このように月1回の測定・年12回の平均値で環境基準を評価するには、採取日による変動の影響が大きすぎることがわかった。一標準偏差の信頼幅を $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度にするには10年以上、 $0.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度では4年程度の測定が必要となる。有害大気汚染物質は「継続的に摂取される場合に人の健康を損なうおそれがある物質で大気汚染の原因となるもの」とされており、継続的な調査結果をもとに、信頼幅を念頭に置いて評価することが好ましいのではないかと考えられた。

まとめ

- 1 月に1回測定して年間値とすると、採取日によって一標準偏差で測定値の12%~14%の変動が生じる。そのため、1年間のみの測定結果で環境基準と比較すると、採取日の影響が非常に大きくでることがわかる。
- 2 4年間のベンゼンの測定値を用いると、採取日によって一標準偏差で測定値の6~7%程度となり、濃度で表すと $0.19\sim 0.28\mu\text{g}/\text{m}^3$ となる。

文 献

- 1) 西原幸一, 勝間孝, 塚本武他: 環境大気中の芳香族炭化水素と常時監視項目の関係, 香川県環境研究センター所報, 24, 19 - 22 (1999)
- 2) 西原幸一, 日野康良, 藤田淳二他: 一酸化炭素濃度を用いたベンゼン濃度の推定方法, 全国環境研究会誌, 26(4), 8 - 13 (2001)