

大気環境中揮発性有機化合物 (VOC) の昼夜別測定

神田 康弘 細末 次郎 市川 恵子* 原田 敬輔
加藤 寛子 吉森 雅弘 宮野 高光 村野 勢津子
福田 裕

広島市では、平成 9 年度より揮発性有機化合物 (VOC) をはじめとする有害大気汚染物質モニタリング (有害モニタリング) を行っている。

毎月の有害モニタリングでは、通常、24 時間平均化採取した大気試料を測定するため、VOC 濃度の日内変動や時間変動を把握することは困難である。そこで今回、産業活動影響が多いと思われる昼間と、影響が少ないと思われる夜間で、試料採取時間を区分し測定・分析を試みたところ、通常では分からない VOC 濃度の変動を確認することができた。

調査期間中の濃度変動は物質により異なっており、大きく 4 つ (濃度変動が小さい物質、昼夜で濃度変動した物質、特定の期間に濃度上昇した物質、昼夜で濃度変動し特定の期間にも濃度上昇した物質) に分類できた。

大気汚染物質常時監視測定局のデータ、気象及び PRTR データを用いて解析を行ったところ、昼夜で濃度変動する物質の大気環境濃度は県内近傍の発生源からの影響を、特定の期間に濃度が上昇する物質の大気環境濃度は他地域からの移流の影響を受けていると推定することができた。

キーワード： 有害大気汚染物質モニタリング、大気環境、揮発性有機化合物 (VOC)、日内変動、時間変動

は じ め に

VOC は、光化学オキシダントや、近年注目されている微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の原因物質の一つとされており、大気環境濃度やその動態把握が重要である。広島市においても、大気汚染防止法第 22 条に基づく常時監視として、平成 9 年度よりモニタリングを実施している。

通常、VOC をはじめとする毎月の有害モニタリングでは、24 時間大気試料を採取し測定値を算出するため、その測定値は 24 時間平均値となる。しかし、実際の大気環境濃度は、試料採取地点の周辺状況、気象、大陸からの移流など様々な影響によってその都度変動している。そのため、通常の有害モニタリングでは大気環境濃度の時間変動や日変動を把握することは困難である。また、環境省が推定する有害大気汚染物質は広島市内の事業所からも大気環境へ排出されており¹⁾、それが大気環境濃度へ与える影響は大きいとされている²⁾。

そこで今回、産業活動影響が多いと思われる昼間と、影響が少ないと思われる夜間で、採取時間

を区分し大気試料を採取・分析することを試みた。その結果、VOC 濃度について若干の知見を得られたので、大気汚染物質常時監視測定局や気象などとの関連性も併せて、その結果を報告する。

方 法

1 調査地点

調査は、広島市立井口小学校 (広島市西区) で実施した。なお、同地点は大気汚染物質常時監視測定局 (一般環境) である。

2 調査期間と調査時間

平成 27 年 2 月 3 日 (火) ~ 2 月 6 日 (金) の期間で、昼間を 7 時間 (9 時 ~ 16 時)、夜間を 17 時間 (16 時 ~ 翌日 9 時) とし、3 日間計 6 回 (昼間 3 回、夜間 3 回) 連続で大気試料を採取した。

3 調査対象物質

有害大気汚染物質のうち優先取組物質に指定されている 11 物質にキシレンを加えた 12 物質の VOC を対象とした。

4 調査方法

試料採取時間を除き、有害大気汚染物質測定方法マニュアル³⁾に準じた。

* : 現 衛生研究所生活科学部

結果と考察

1 昼夜別測定結果

昼夜別測定結果を表1に示す。平成26年度有害モニタリング結果(井口小学校)及び全国年平均値⁴⁾も併記する。調査期間中のVOC濃度は変動しており、物質によりその濃度変動は異なっていた。濃度変動は大きく4つに分類された。

(1) 濃度変動が小さい物質(分類1)

塩化メチル及び1,3-ブタジエンは濃度変動が小さい傾向を示した。それぞれの濃度推移を図1に示す。昼間の測定値は7時間平均値、夜間の測定値は17時間平均値であるため、大気試料採取期間は濃度が一定であると仮定した。図2、図3及び図4の表記も同様とする。調査期間中の塩化メチル及び1,3-ブタジエンは、周辺環境からの影響をあまり受けていない、若しくは一定の割合で受けている可能性が示唆された。

(2) 昼夜で濃度が変動した物質(分類2)

ジクロロメタン、テトラクロロエチレン及びキシレンは昼間に濃度が上がり、夜間に濃度が下がる傾向を示した。それぞれの濃度推移を図2に示す。キシレンは他の物質と比べると2月4日～2月5日にかけて若干濃度が高くなる傾向が認められた。これらの物質は、調査期間中は昼間に周辺環境からの影響を受けていると考えられる。

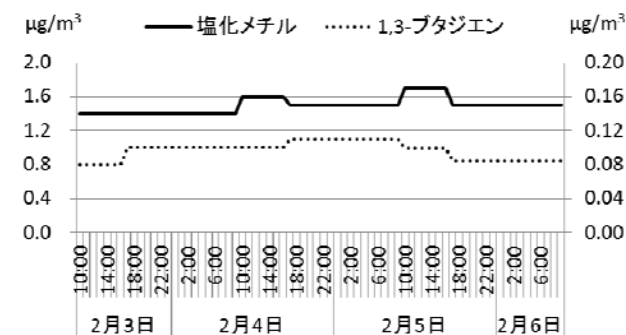


図1 分類1の濃度推移

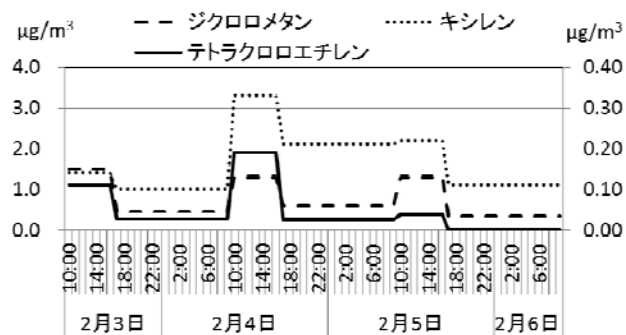


図2 分類2の濃度推移

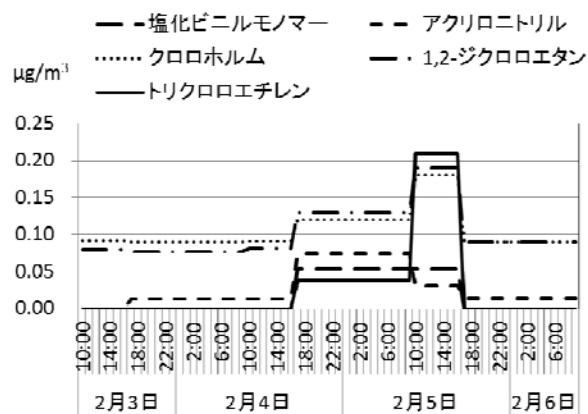


図3 分類3の濃度推移

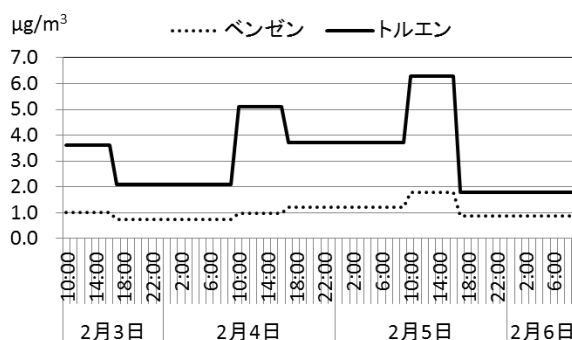


図4 分類4の濃度推移

(3) 2月5日に濃度上昇した物質(分類3)

塩化ビニルモノマー、アクリロニトリル、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン及びトリクロロエチレンは、2月5日に濃度が上昇する傾向を示した。それぞれの濃度推移を図3に示す。分類2の物質とは異なる影響により濃度が上がったと考えられる。

(4) 分類2及び分類3両方の傾向を示した物質(分類4)

ベンゼン及びトルエンは昼間の濃度上昇に加えて、2月5日の濃度上昇もみられた。それぞれの濃度推移を図4に示す。

2 大気常時監視局測定データの比較

調査地点に併設されている大気汚染物質常時監視測定局で得られた大気汚染物質濃度を図5及び図6に示す。図5はガス状物質である硫黄酸化物(SO_2)、窒素酸化物(NO , NO_2 , NO_x)及びオキシダント(O_3)を、図6は粒子状物質である浮遊粒子状物質(SPM)及び $\text{PM}_{2.5}$ を示す。

(1) ガス状物質

各日6時頃～11時頃にかけて窒素酸化物の濃度が、13時頃～翌日未明にかけて O_3 濃度が上昇し

ていた。調査期間を通して SO_2 濃度は非常に低く、変動は少なかった。

(2) 粒子状物質

SPM 及び $\text{PM}_{2.5}$ の濃度は、ガス状物質にみられるような時間変動の傾向は認められなかったが、2月5日9時～14時頃にかけて濃度が上昇しており、分類3の物質の濃度推移と似た挙動を示した。

3 広島市内全域の粒子状物質の濃度推移

広島市内全地点の大気汚染物質常時監視測定局の、SPM の濃度推移を図7に、 $\text{PM}_{2.5}$ の濃度推移を図8にそれぞれ示す。両物質とも市内全域で非常に似た挙動を示しており、2月5日9時～14時頃にかけて、濃度が上昇する傾向が認められた。また、地点間の濃度差もみられなかった。そのため、この期間の粒子状物質の濃度上昇の要因は、市外からの移流による可能性が高いと思われる。分類3の物質の濃度変動が似ていることから、分類3の物質は粒子状物質と発生源が同じである、もしくは流入方位が同一である等の可能性が示唆された。

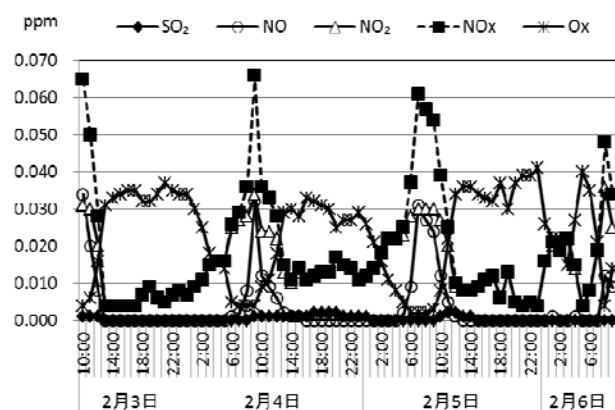


図5 大気汚染物質(ガス状物質)濃度推移

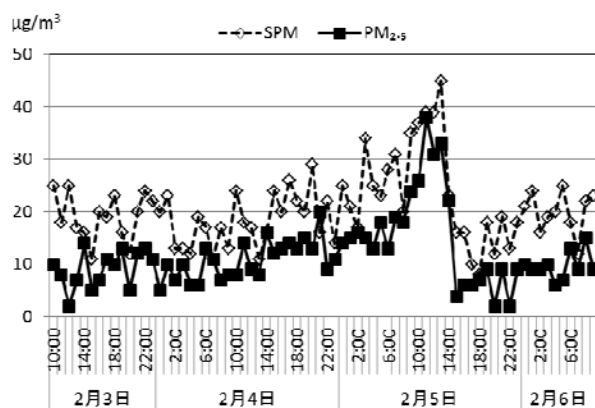


図6 大気汚染物質(粒子状物質)濃度推移

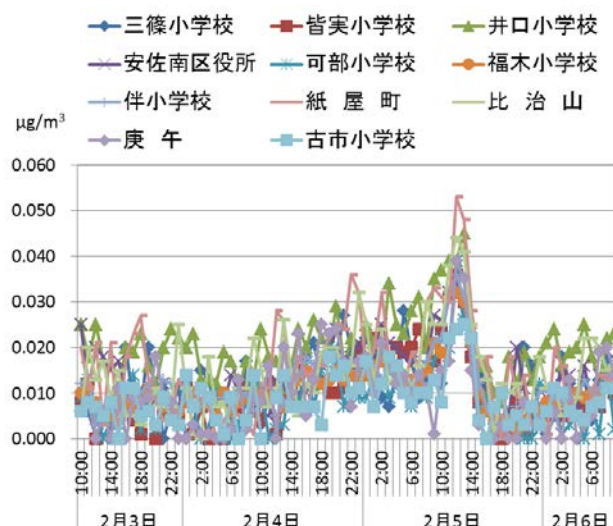


図7 広島市内 SPM 濃度推移

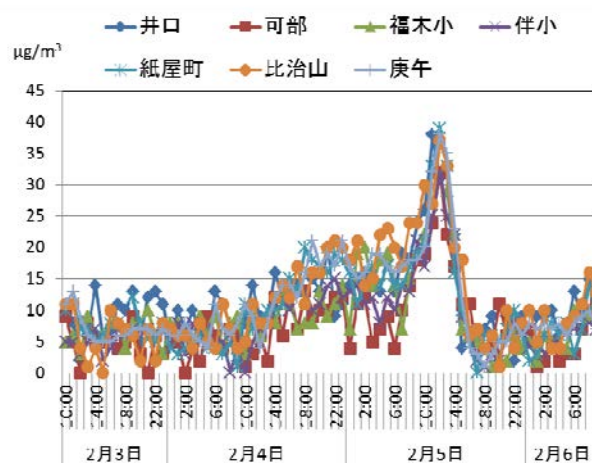


図8 広島市内 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度推移

4 気象状況

調査時の主風向及び平均風速を表2に、風配図を図9にそれぞれ示す。風向及び風速の値は気象庁(広島)の値⁵⁾を用いた。

2月3日～4日の北寄りの風から5日には西寄りの風に変わり、6日にかけて北寄りの風に変わった。

表2 主風向と平均風速

調査期間	主風向	平均風速(m/s)
A 2月3日9:00～16:00	北北東	2.9
B 2月3日16:00～2月4日9:00	北北東	4.8
C 2月4日9:00～16:00	北	2.1
D 2月4日16:00～2月5日9:00	北西	1.6
E 2月5日9:00～16:00	西南西	3.9
F 2月5日16:00～2月6日9:00	北	3.6

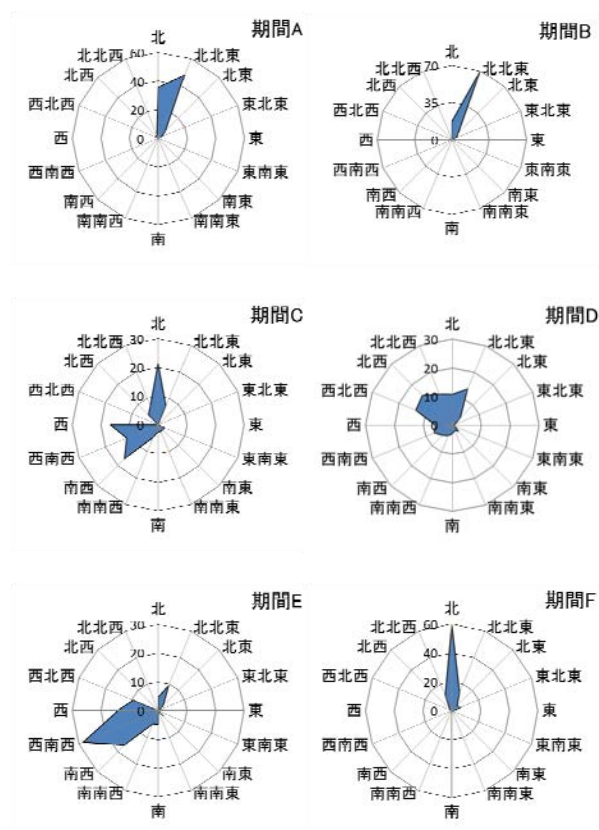


図 9 風配図

5 PRTR 排出量との比較

中国地方の 5 県の今回の調査対象物質の大気環境への排出量(平成 24 年度 PRTR 集計結果⁶⁾)を、濃度変動の区分(分類 1~4)ごとに表 3 に示す。

分類 1 の塩化メチル及び 1,3-ブタジエンは、他の物質に比べて排出量が少ない傾向であった。

分類 2 のジクロロメタン、テトラクロロエチレン及びキシレンは広島県で最も排出量が多いことから、これら 3 物質の広島市内の大気環境濃度は、県内の発生源の影響を受けている可能性が示唆された。

分類 3 の塩化ビニルモノマー、アクリロニトリル、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン及びトリクロロエチレンは、山口県が最も多い排出量であった。そのため、これら 5 物質の 2 月 5 日の濃度上昇は、風向風速からも西からの移流による可能

性が示唆された。

分類 4 のベンゼン及びトルエンは、広島県と山口県で排出量が多かった。そのため、調査期間のこれら物質の濃度は、近隣の発生源の影響と西からの移流の影響を同時に受けている可能性が示唆された。

ま と め

VOC12 物質について昼間・夜間別に試料採取を行うことで、通常の有害モニタリングでは分からない VOC 濃度の日内変動を捉えることができた。

また、大気汚染物質常時監視測定局のデータ、気象条件及び PRTR データとの関連を調査することで、発生源を推定することができた。

今回は一般環境にある井口小学校で調査を実施したが、今後は発生源周辺地点でも同様の調査を行い、より詳細な大気環境中の VOC 濃度の把握を行ってきたい。

文 献

- 1) 広島市ホームページ：平成 24 年度 PRTR データの集計結果について、
<http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/1395972177373/index.html>
- 2) 小中ゆかり 他：広島市の大気環境における PRTR 対象物質の現況，広島市衛生研究所年報，31，50～60(2012)
- 3) 環境省：有害大気汚染物質測定方法マニュアル(平成 23 年 3 月)
- 4) 環境省：平成 25 年度大気汚染状況について(有害大気汚染物質モニタリング調査結果)，
http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h25/index.html
- 5) 気象庁：過去の気象データ，
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 6) 環境省：PRTR：化管法ホームページ(PRTR インフォメーション広場)，
<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>

表 1 昼夜別測定結果

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	物質名	A	B	C	D	E	F
		昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間
1	塩化メチル	1.4	1.4	1.6	1.5	1.7	1.5
2	1,3-ブタジエン	0.080	0.10	0.10	0.11	0.099	0.084
3	ジクロロメタン	1.5	0.44	1.3	0.59	1.3	0.35
4	テトラクロロエチレン	0.11	*0.027	0.19	*0.026	0.039	ND
5	キシレン	1.4	1.0	3.3	2.1	2.2	1.1
6	塩化ビニルモノマー	ND	ND	ND	0.055	0.055	ND
7	アクリロニトリル	ND	*0.013	*0.013	0.075	0.031	*0.015
8	クロロホルム	0.092	0.090	0.091	0.12	0.18	0.090
9	1,2-ジクロロエタン	0.080	0.077	0.082	0.13	0.19	0.090
10	トリクロロエチレン	ND	ND	ND	0.038	0.21	ND
11	ベンゼン	1.0	0.74	0.99	1.2	1.8	0.87
12	トルエン	3.6	2.1	5.1	3.7	6.3	1.8

平成26年度有害大気汚染物質(VOC) 調査結果(井口小学校)				全国 年平均値 ⁴⁾	基準等	
平均値	最小値	最大値			環境基準	指針値
1	1.4	1.2	1.7	1.5		
2	0.082	0.053	0.14	0.14		2.5
3	0.73	0.26	1.6	1.6	150	
4	0.053	ND	0.11	0.18	200	
5	2.2	0.79	4.4	-		
6	*0.012	ND	0.056	0.047		10
7	0.042	*0.011	0.13	0.080		2
8	0.20	0.087	0.42	0.20		18
9	0.17	0.032	0.60	0.17		1.6
10	0.030	ND	0.054	0.50	200	
11	0.89	0.29	1.4	1.2	3	
12	4.1	1.3	9.2	7.6		

注1 “*” 付きの数値は検出下限値以上定量下限値未満を表す

注2 NDは検出下限値未満を表す

注3 キシレンは優先取組物質ではないため、全国年平均値は表記しない

表 3 中国地方 5 県の大気への届出排出量(平成 24 年度 PRTR データ)

(単位: $\text{kg}/\text{年}$)

濃度変動の区分	物質名	山口県	広島県	岡山県	島根県	鳥取県
分類1	塩化メチル	5,402		10		
	1,3-ブタジエン	5,067	3,810	139		
分類2	ジクロロメタン	97,353	300,640	267,985	32,560	103,200
	テトラクロロエチレン		14,570	2,636		
	キシレン	692,222	2,287,696	1,062,681	54,102	81,696
分類3	塩化ビニルモノマー	57,600		7		
	アクリロニトリル	15,020	8,030	13,139		
	クロロホルム	108,493	2,966	1,098	3,000	
	1,2-ジクロロエタン	27,520	8,000	84		
	トリクロロエチレン	80,659	45,063	20,470	3,100	32,000
分類4	ベンゼン	24,340	21,460	13,260	1,214	2,579
	トルエン	920,975	1,617,778	1,573,108	262,071	342,266