

アナリティカルレポート

パッシブサンプラーによる揮発性有機化合物の 大気中濃度と排出量との関係

荒 木 真^{®1}, 佐々木哲也², 山本 浩平², 東 野 達²

1 はじめに

大気中の揮発性有機化合物 (VOCs) は光化学オキシダントの大部分を占めるオゾンの生成に関与する。わが国では、大気汚染防止法に基づき都道府県及び大気汚染防止法上の政令市において大気汚染の常時監視が行われているが、光化学オキシダントはほとんどの測定局で環境基準を達成していない¹⁾だけでなく、濃度には経年的に上昇の傾向が見られる²⁾。そのため、原因物質の一つである VOCs の排出規制などの排出抑制対策が行われている。また、ヒト健康への影響という点では、低濃度ではあるが長期暴露によって人の健康を損なうおそれのある物質 (有害大気汚染物質) として、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタンに大気環境基準が設けられており、大気汚染防止法に基づいて地方公共団体においてモニタリングが実施されている。一方、環境中への排出量や移動量については、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(化管法) によって制度化された PRTR (化学物質排出移動量届出制度) によって集計・公表されている。

こうした状況において、大気中の VOCs 濃度と排出量との関係を把握することは重要であるが、都市空間スケールでの体系的な研究はほとんどない。その検討には空間解像度が高い成分別の測定データが必要である。現在実施されている大気中 VOCs のモニタリングとして、光化学オキシダントの原因物質との位置付けで非メタン炭化水素 (全炭化水素から光化学反応性を無視できるメタンを除いたもの) が大気汚染の常時監視において測定されているが、これは炭素換算の総濃度であり成分別の濃度ではなく、さらに一部の大都市圏を除けば測定地点の空間解像度は低い。一方、有害大気汚染物質のモニタリングでは成分別に測定されているが、測定地点の空間解像度は高くはない。したがって、これらは大気中 VOCs 濃度と排出量との関係の検

討に適したモニタリングデータとはいえない。

高い空間解像度で成分別の大気中濃度を得る方法としてパッシブサンプラーによるサンプリング方法がある。パッシブサンプラーは低沸点の物質の採取には適さないため容器採取法のように多成分については測定できないものの、大気中 VOC の測定には多くの実績がある方法である^{3)~5)}。また、1) 小型で設置場所の制約が少ない、2) 取り扱いが容易、3) 比較的安価であるという特徴を持つため、多地点同時測定にはその特徴が発揮され、大気中 NO₂ や O₃ の測定では適用例も多い^{6)~10)}。

こうした背景から、本研究では大気中 VOCs 濃度と排出量との関係を検討する事を目的とし、パッシブサンプラーを用いて空間解像度の高い大気中 VOCs 濃度の成分別測定を行った。

2 実 験

2.1 試薬と装置

VOCs の標準物質として Supelco 製室内空気 50 成分 (1000 µg mL⁻¹) を、内部標準物質として関東化学製トルエン-d8 (1000 mg L⁻¹) を使用した。抽出溶媒はアセトンと二硫化炭素を 2 : 1 の体積比で混合した溶媒とし、アセトンはシグマアルドリッチ製クロマトグラフィー用、二硫化炭素はシグマアルドリッチ製 low benzene grade を使用した。標準物質及び内部標準物質は抽出溶媒で適宜希釈して用いた。

パッシブサンプラーは住友スリーエム製有機ガスモニター OVM3500 を使用した。抽出した試料のガスクロマトグラフィー/質量分析 (GC/MS) 測定には島津製作所製 GCMS-QP2010-plus 型を使用し、カラムは GL サイエンス製 Aquatic (1.0 µm, 0.25 mm I.D. × 60 m) を用いた。

2.2 サンプリング地点

大気中 VOCs のサンプリングは天津市とその周辺部の 20 地点で行った。天津市は滋賀県の南西部にあり西は京都市と接しており、京都や大阪といった大都市圏の周辺部にある都市である。また、南北に細長く琵琶湖の南西に位置し北西部には比良山系がそびえている。天津市の中部と南部

[®] E-mail : araki_shin@city.otsu.lg.jp

¹ 大津市保健所 : 520-8575 滋賀県大津市御陵町 3-1

² 京都大学エネルギー科学研究科 : 606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

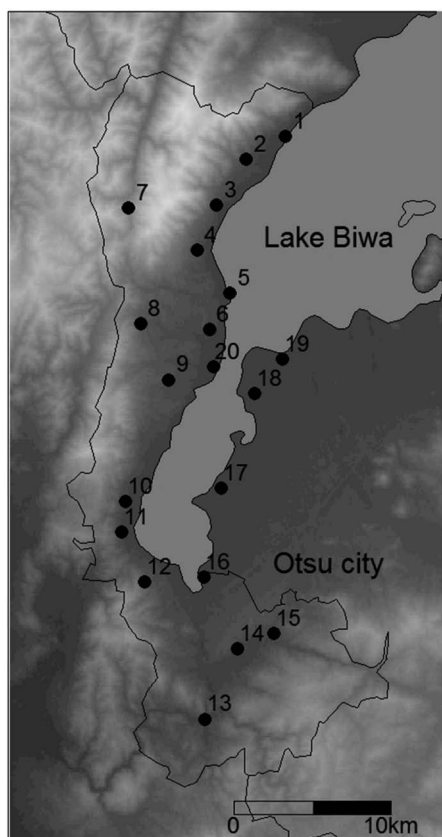


Fig. 1 Study area with passive sampling sites. Numbers correspond to those in Table 1. Colors represent the elevation based on ASTER GDEM version 2, a product of METI and NASA.

の境界付近に国道 1 号線と名神高速道路が位置しており、市街地や大規模な工場も同様の配置となっている。一方で、北部及び南部は山林が多く市街地や工場は少ない。Fig. 1 及び Table 1 にサンプリング地点を示す。サンプリング地点は自動車等の移動発生源の影響を直接受けないように幹線道路から 200 m 以上離れ、且つ大規模な固定発生源に近接しない開放地点を選定した。パッシブサンプラーは地上 1.0 m から 2.0 m の高さに設置した。

2・3 大気中 VOCs の分析

サンプリングは 2009 年 5 月から 10 月に毎月 1 回行った。パッシブサンプラーの設置と回収にあたっては保冷剤を入れた携帯用保温箱で運搬し、サンプリング地点で容器から取り出し、雨や直射日光による影響を避けるためポリエチレン製小型シェルター内に設置して大気中に 1 週間暴露した。

パッシブサンプラーに捕集した VOCs は抽出溶媒 2 mL で超音波により 40 分間抽出を行い、抽出試料 1 μ L を GC/MS 法で分析した。分析条件は、カラム温度 50 $^{\circ}$ C で 9 分間保持、3 $^{\circ}$ C min^{-1} で 100 $^{\circ}$ C まで昇温、8 $^{\circ}$ C min^{-1} で

Table 1 Sampling sites of atmospheric VOCs

No.	Sampling site	No.	Sampling site
1	Kitakomatsu	11	Goryocho
2	Kitahira	12	Ikenouchi
3	Kido	13	Oishi
4	Horai	14	Haguri
5	Wani	15	Kamitanakami
6	Mano	16	Kayanoura
7	Sakashita	17	Shimogasa
8	Ikadachi	18	Konohama
9	Oginosato	19	Saizukawa
10	Minamishiga	20	Katata

200 $^{\circ}$ C まで昇温し 15 分間保持した。注入口温度は 200 $^{\circ}$ C、カラム流量は 1.0 mL min^{-1} 、スプリット比は 20 とした。質量分析条件は m/z 45~500 のスキャン測定とした。

大気中 VOCs 濃度の算出は以下に行った¹¹⁾。

$$C = 10^3 \times M / (r \times k \times t)$$

ここで、 C は大気中 VOCs 濃度 ($\mu\text{g m}^{-3}$)、 M は VOCs 捕集量 (μg)、 r は脱着率 (-)、 k はサンプリング速度 (mL min^{-1})、 t はサンプリング時間 (min) である。脱着率は 1 とし、サンプリング速度はパッシブサンプラーの技術資料¹¹⁾¹²⁾から得た。

3 結果と考察

3・1 大気中 VOCs 濃度の概要

サンプリング地点 No.20 において同一地点にサンプラーを 2 個設置する二重測定を行い、全期間において個々の測定値が平均値の $\pm 15\%$ 以内¹³⁾であったベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン、1,4-ジクロロベンゼン、 α -ピネンを解析対象成分とした。Table 2 に測定結果の概要を示す。最も大気中濃度が高かったのはトルエンで 3.38 $\mu\text{g m}^{-3}$ (全測定結果の平均、以下同)であった。次いで植物起源である α -ピネンが 0.93 $\mu\text{g m}^{-3}$ であった。その他の 4 成分はほぼ同程度であった。環境基準値が定められているベンゼンは最大値でも 1.17 $\mu\text{g m}^{-3}$ と環境基準よりも低い濃度であった。ベンゼンは有害大気汚染物質として大気汚染防止法に基づくモニタリングが全国で行われており、本研究の対象地域周辺には堅田局、平野市民センター、草津局と 3 箇所のモニタリング地点がある。これらの地点における同時期のモニタリング結果¹⁴⁾の平均値は 0.78 $\mu\text{g m}^{-3}$ であり、本研究と同程度であった。

3・2 大気中 VOCs 濃度の成分間の相関とその要因

Fig. 2 に大気中 VOCs 濃度の成分間の相関を測定期間のすべてについて示す。植物起源の VOCs である α -ピネンは

どの成分とも相関は認められなかったが、人為起源であるその他の成分はそれぞれ正の相関が認められた。中でも、トルエン、キシレン及びエチルベンゼンは相互に正の相関が非常に高く r^2 は 0.70～0.90 であった。ベンゼンとこれら3物質間の相関はそれよりは低く r^2 は 0.38～0.53 であった。1,4-ジクロロベンゼンと他の人為起源の成分では r^2 は 0.13～0.35 であった。また、月別の測定データについても同様であった。この結果から、人為起源の VOCs のうちト

ルエン、キシレン及びエチルベンゼンは類似した発生源を持つ一方で、1,4-ジクロロベンゼンとベンゼンはいずれとも異なる発生源を持つと推察される。

ところで、化学物質の初期リスク評価書¹⁵⁾では発生源別の排出量を推計している。これを解析対象とした物質について整理した (Table 3)。ここでは評価書における PRTR 対象業種の届出排出量、届出外排出量及び非対象業種排出量を合計して「産業部門」と分類・集計し、PRTR 届出排出量も併せて示した。これによると、ベンゼンは 85 % が運輸部門からの排出、トルエン、キシレン及びエチルベンゼンは 80～90 % が産業部門からの排出、1,4-ジクロロベンゼンは 99 % 以上が家庭部門からの排出とそれぞれ推計されており、成分によって明確な特徴が見られる。これは全国平均であり、本研究の対象地域がおおむねこの構成比であると考え、排出量の発生部門比が類似した VOCs 成分については大気中濃度の相関が高いといえる。

Table 2 Summary of the concentration of atmospheric VOCs

VOCs	VOCs concentration/ $\mu\text{g m}^{-3}$		
	Min	Mean	Max
benzene	0.08	0.55	1.17
toluene	0.29	3.38	8.83
xylene	0.04	0.73	1.43
ethylbenzene	0.10	0.67	1.44
1,4-dichlorobenzene	0.04	0.57	1.81
α -pinene	0.37	0.93	2.35

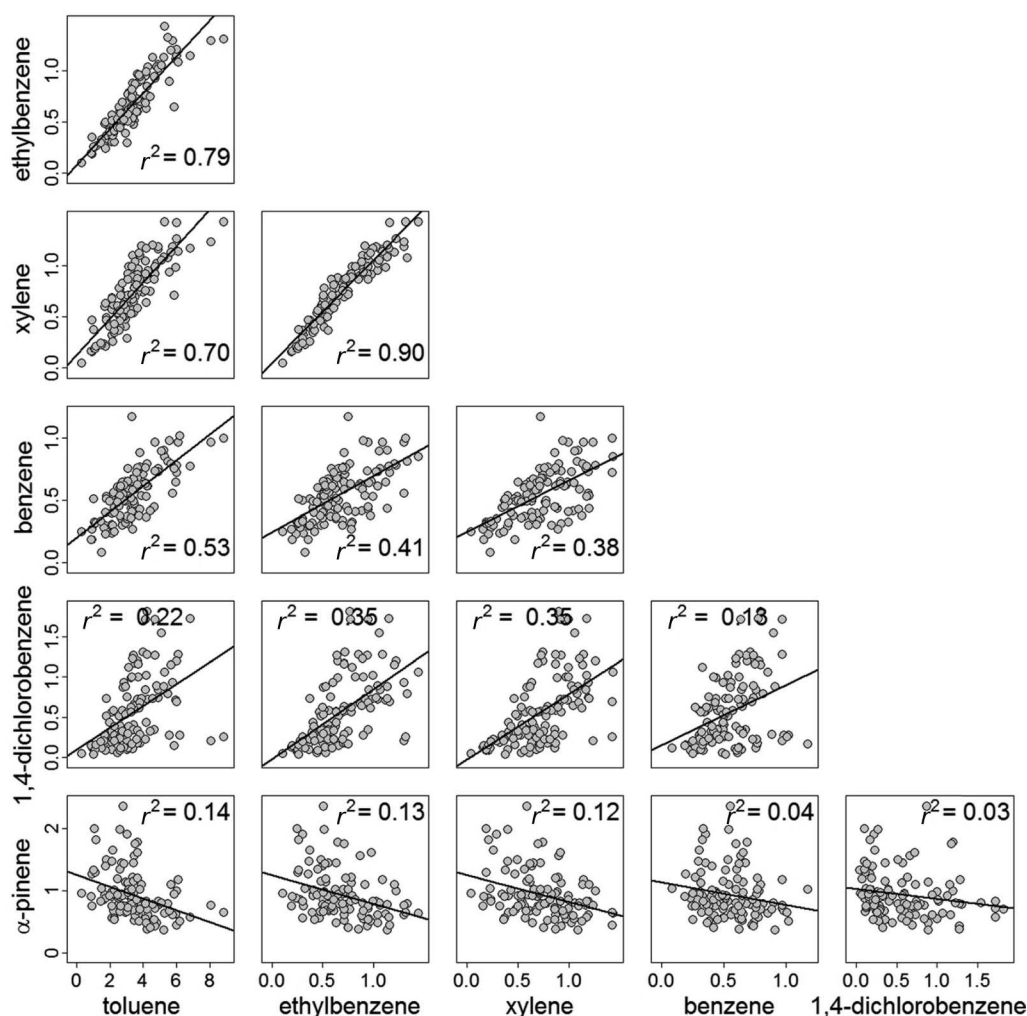


Fig. 2 Scatter plot matrix of VOCs concentration observed by passive samplers
Units are $\mu\text{g m}^{-3}$.

Table 3 Estimated emissions from various sources¹⁵⁾

	benzene	toluene	xylene	ethylbenzene	1,4-dichlorobenzene
Industry (PRTR)	2749 (115)	204147 (131669)	95097 (52384)	23512 (12674)	110 (10)
Household	92	221	1742	558	20000
Transportation	16318	16080	14206	6573	—

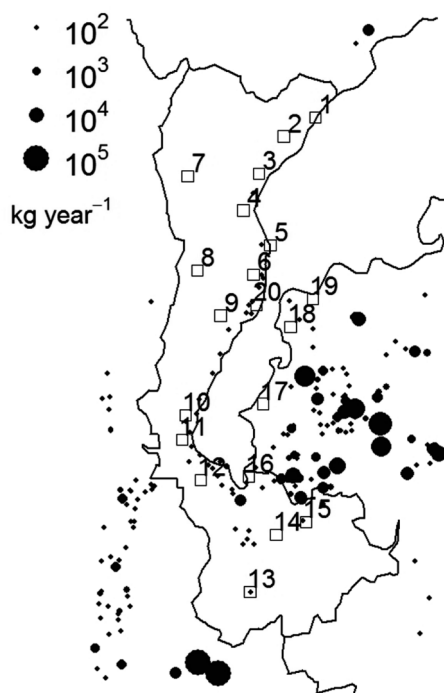
Unit : kg year⁻¹

Fig. 3 Amount of toluene emissions based on PRTR 2009

3・3 大気中 VOCs 濃度と排出量の関係

VOCs 成分ごとに大気中濃度と発生源からの排出量との関係について、発生源の位置を考慮して解析を行った。

3・3・1 ベンゼン，トルエン，キシレン，エチルベンゼン 化学物質の初期リスク評価書¹⁵⁾によると，トルエン，キシレン及びエチルベンゼンの排出量のうち 40～60 % が PRTR 届出排出量であると推計されている (Table 3)。PRTR 届出排出量では年間の排出量とともに発生源の位置情報が得られるので，このデータを用いて発生源の位置を考慮した上で大気中濃度との関係を解析した。ベンゼンについては PRTR 届出排出量が推計排出量全体の 10 % 以下であるが，参考として同様の解析を行った。PRTR データはサンプリングの実施年度と同じ 2009 年度のデータを使用した。Fig. 3 にトルエンのデータを示す。ドットの大きさが排出量 (kg year⁻¹) を表している。また，本研究のサンプリング地点も併せて示した。ここには示さないが，ベンゼン，エチルベンゼン及びキシレンについてもトルエンに類似した分布となっていた。

このデータについて，各サンプリング地点から半径 R (km) 以内に位置する発生源からの排出量を合計して測定値に対してプロットしたが， R を 80 km まで大きくしても特に関係は見いだせなかった。次に，大気中濃度は近傍の発生源の影響をより強く受けると考え，次式の様に排出量を測定地点との相対距離の逆数で重み付けした上で合計した。

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n w(s_j) \cdot e(s_j)}{\sum_{j=1}^n w(s_j)}$$

ここで， E_i は i 番目の測定地点に対応する合計排出量 (t year⁻¹)， $e(s_j)$ は i 番目の測定地点から半径 R km 以内に位置する n 箇所の発生源のうち j 番目の発生源 s_j からの排出量 (t year⁻¹)， $w(s_j)$ は対応する重み付け係数で以下の様に i 番目の測定地点 (s_i) との距離の逆数として計算される。

$$w(s_j) = \|s_j - s_i\|^{-1}$$

R を順に大きくとり測定値と合計排出量 E_i との相関を検討したところ， R が大きくなるにつれて相関が良くなり，トルエン，キシレン及びエチルベンゼンではおおむね 30 km で最も相関が高く，それ以上ではあまり変化がなかった。これより，発生源の影響範囲は 30 (km) とし後で考察する。Fig. 4 に $R = 30$ (km) のときのトルエンの結果を示す。縦軸が測定値で横軸が距離の逆数で重み付けした合計排出量 (E_i) である。10 月を除くと良い正の相関を示し， r^2 はトルエンで 0.23～0.70，キシレンで 0.42～0.71，エチルベンゼンで 0.41～0.86 であった。これは，大気中濃度は周囲の排出量が多い地点ほど高くなることを示している。また，排出量を距離の逆数で重み付けしたことで良い相関が得られたことから，大気中濃度が比較的近傍の発生源の影響を強く受けていることが示唆された。8 月はいずれの成分も r^2 はやや低かったが，これは地点 No. 17, 18 及び 19 が合計排出量に対して比較的高濃度となったからである。また，10 月は高濃度となる外れ値があり，No. 18 及び 19 はトルエン，キシレン及びエチルベンゼンで共通して高濃度となり，No. 5 はトルエンで高濃度となっていた。

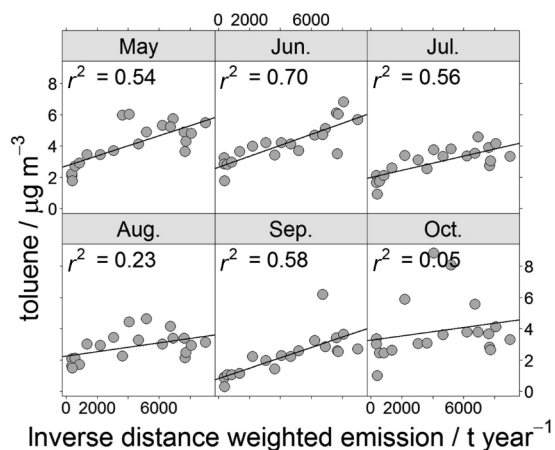


Fig. 4 Correlation between inverse distance-weighted emissions and the atmospheric concentration of toluene

PRTR データによると、これらの地点のうち No. 5 以外は 3 km 程度の比較的近傍に大規模な発生源があり (Fig. 3), 10 月にはこれらの影響が特に大きかったと推察される. r^2 が 0.5 以上の月では、回帰直線の傾きは同程度であり、PRTR 届出排出量の月間の変動は大きくないと考えられる. このとき切片は 1~3 程度で変動し、PRTR 届出排出量以外の排出量の大気中濃度への寄与割合が変化していたと考えられる. また、風向・風速等の気象条件の影響も考えられる.

ベンゼンは月によって違いがあるが R が 40 km でおおむね相関が高くなり、5, 6, 8, 9 月には r^2 は 0.38~0.52 と正の相関が認められた. これより、発生源の影響範囲は 40 (km) とし後で考察する. 検討に用いた PRTR 届出排出量は全体の推計排出量の 10 % 以下であり、運輸部門からの排出が 85 % を占めるが、本研究では自動車等からの影響を直接受けないように測定地点を選定したことで、正の相関が一部で得られたと考えられる.

3.3.2 1,4-ジクロロベンゼン 1,4-ジクロロベンゼンの排出源はほとんどが家庭で使用される防虫剤、消臭剤からの揮発と推計されている¹⁷⁾. そこで、人口分布と大気中濃度との関係を検討した. 人口データは 2005 年国勢調査の 500 m メッシュデータを用いた (Fig. 5, 図中の数字は Table 1 のサンプリング地点を表す). サンプリング地点の位置するメッシュにおける人口と測定値との関係を解析した. メッシュの人口が 0 であるサンプリング地点が 4 地点あったが、そのうち No. 7 は周囲のメッシュでも人口は少なく山間部に位置するのでバックグラウンドと考えられ、濃度も低濃度であった. 残りの 3 地点 (No. 17~19) では近傍に商業施設等があること、また周囲のメッシュ人口は少なくないことから、これらの影響を受けていることが考えられ、得られた濃度は他の地点と比べて低くはなかつ

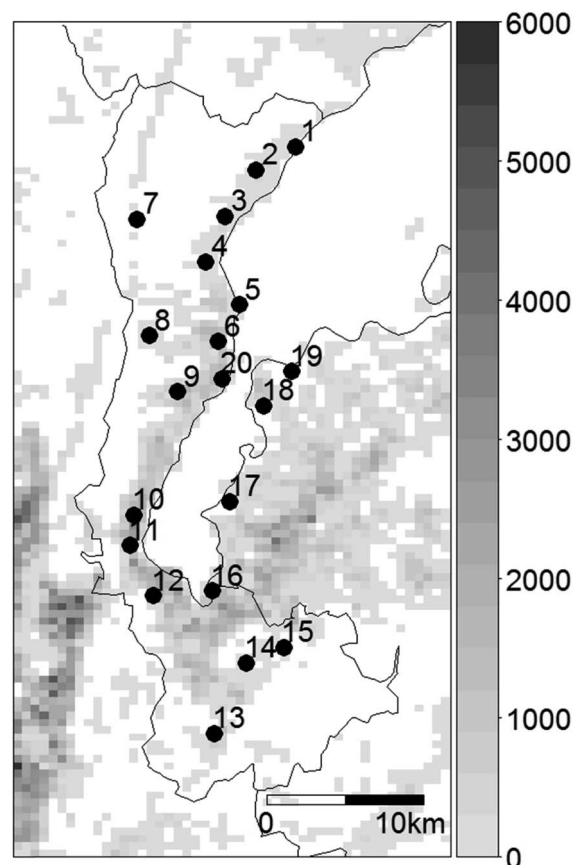


Fig. 5 Distribution of population in 500 m square mesh

た. したがって、メッシュ内の人口が排出量を表していないと考えられるので、No. 17~19 を除外し、常用対数変換を行って大気中濃度との相関を求めた. No. 7 のメッシュ人口は 1 人として対数変換した. その結果、いずれの月も測定値はメッシュ内人口と r^2 が 0.41~0.60 と良い正の相関を示した. これより、発生源の影響範囲はメッシュサイズの 500 (m) とし後で考察する. この結果は周囲に人口が多い、すなわち 1,4-ジクロロベンゼンの排出量が多い地点ほど大気中濃度が高くなることを示している. 回帰直線の傾きは 6, 7 月が大きかった. これは人口あたりの排出量が多いということで気温による揮発量の増加や住宅等の換気の増加が要因として考えられる. 一方、回帰直線の切片は 7 月以降はほぼ 0 であったが、5, 6 月は 0.5 程度でありメッシュ外からの影響が示唆される.

3.3.3 α -ピネン α -ピネンは主にヒノキや松等の針葉樹から放出されるテルペン類の一種である. そこで、針葉樹の分布状況と大気中濃度との関係を検討した. 本研究の対象領域に 1 km 正方メッシュを作成し、環境省第 6 回・第 7 回自然環境保全基礎調査植生調査のデータを使用して各メッシュ内に針葉樹が占める面積割合を算出した. これによると、対象地域の南西部や大津市北西部にある比良山

Table 4 Reaction rate constants with the OH radical¹⁵⁾ and the influence radius of VOCs emissions

VOCs	Reaction rate constant/cm ³ molecules ⁻¹ s ⁻¹	Influence radius/km
benzene	1.23×10^{-12}	40
toluene	5.96×10^{-12}	30
xylene	1.73×10^{-11}	30
ethylbenzene	7.10×10^{-12}	30
1,4-dichlorobenzene	3.21×10^{-11}	0.5
α -pinene	1.21×10^{-11}	2.0

系で割合が高く、琵琶湖東部は割合が0の地域が広がっていた。これをもとに、サンプリング地点の位置するメッシュの針葉樹の面積割合と大気中濃度との関係を解析したが、特に関係は見いだせなかった。そこで、測定地点の周囲2 km以内に位置するメッシュの面積割合を平均し、これに対して月ごとに大気中濃度をプロットするといずれの月も良好な正の相関関係が得られ、 r^2 は0.33~0.64であった。これより、発生源の影響範囲は2 (km)として後で考察する。この結果は周囲に針葉樹が多い、すなわち排出量が多い地点ほど大気中濃度が高くなることを示している。回帰直線の傾きは7月が他の月より小さかった。 α -ピネン等のモノテルペンの放出速度は葉温に依存する¹⁶⁾が、アメダスデータから得た期間の平均気温は他の月と変わらないもの、日照時間が20時間と他の月の半分以下であったことから、葉温が比較的低かった可能性が考えられる。回帰直線の切片は5、6月はほぼ0であったが、それ以外は0.2~0.5程度であり2 km以遠からの影響が示唆された。これは、1,4-ジクロロベンゼンとは逆の傾向であった。なお、対応する面積割合が0である地点が7地点 (No. 5, 6, 16, 17, 18, 19, 20) あったが、中でもNo. 5, 6及び20では大気中濃度は低くはなかった。この3地点は針葉樹が比較的多く分布する地域に近いことが要因と考えられる。また、その他の地点も含めて実際には周囲に針葉樹が認められるので、その影響も考えられる。そのためこれらの地点を除外し解析した。

3・4 発生源の影響範囲

VOCsの大気中濃度とサンプリング地点の周囲の排出量との間には良好な相関関係が認められたが、発生源の影響範囲は成分ごとに異なっていた。この要因としてそれぞれの主要な発生源の形態の違いを考えた。ベンゼン、トルエン、キシレン及びエチルベンゼンは非連続的な点源であるが、1,4-ジクロロベンゼン及び α -ピネンはある程度連続した面的な発生源と捉えることができる。そのため、大気中濃度に対して広い範囲の発生源から影響があっても、濃度の空間的な変動に対しては狭い範囲の発生源からの寄与が

大きくなると考えられる。

次に、大気中での寿命について検討した。反応性が高く寿命が短い成分では発生源の影響範囲は狭くなると考えられる。VOCsの大気中での主要な消失経路であるOHラジカルとの反応速度定数(25℃)¹⁵⁾と3・3で得られた発生源の影響範囲をTable 4に示す。キシレンについては各異性体の反応速度定数を算術平均した。発生源の形態別にみると、面的な発生源である1,4-ジクロロベンゼンと α -ピネンでは、反応速度定数の大きい前者の発生源の影響範囲が小さく、非連続的な点源では最も反応速度の小さいベンゼンの発生量の影響範囲が最も大きくなっていた。ただし、OHラジカルとの反応速度定数が大きい成分の影響範囲が狭いと判断するには、さらにデータが必要と思われる。

4 おわりに

パッシブサンプラーによる大気中VOCs濃度の多地点同時測定を行い、大気中濃度と発生源からの排出量との関係について成分ごとに解析した。排出量の発生部門比が類似したVOCs成分については、大気中濃度の相関が高いことが分かった。一般大気においてはVOCs濃度は比較的近傍の発生源の影響を強く受けていることが示された。発生源の形態や反応性が発生源の大気中濃度変動への影響範囲に影響している可能性が考えられた。したがって、VOCsの大気中濃度は発生源の分布と反応性を反映した空間分布になると推察される。濃度の空間分布には風向・風速・気温等の気象条件の影響も大きいので、今後は気象データの採取や物理・化学現象を考慮した解析を行うことで、大気中濃度と排出量の定量的な関係を明らかにすることが必要であると考えられる。

文 献

- 1) 環境省：“平成21年度大気汚染状況について”，(2011)。
- 2) 環境省：“平成21年度大気汚染状況報告書”，(2011)。
- 3) E. Yamada, Y. Hosokawa, Y. Furuya, K. Matsushita, Y. Fuse : *Anal. Sci.*, **20**, 107 (2004)。
- 4) 松下和正, 仲村恭輝, 布施泰朗, 山田 悦：分析化学 (*Bunseki Kagaku*), **54**, 849 (2005)。
- 5) S. Mukerjee, L. A. Smith, G. A. Norris, M. T. Morandi, M. Gonzales, C. A. Noble, L. M. Neas, A. H. Özkaynak : *J. Air Waste Manage. Assoc.*, **54**, 307 (2004)。
- 6) E. Yamada, M. Kimura, K. Tomozawa, Y. Fuse : *Environ. Sci. Technol.*, **33**, 4141 (1999)。
- 7) J. D. Ray : *TheScientificWorld*, **1**, 483 (2001)。
- 8) J. L. Varns, J. D. Mulik, M. E. Sather, G. Glen, L. Smith, C. Stallings : *Environ. Sci. Technol.*, **35**, 845 (2001)。
- 9) M. E. Sather, J. L. Varns, J. D. Mulik, G. Glen, L. Smith, C. Stallings : *Environ. Sci. Technol.*, **35**, 4426 (2001)。
- 10) 荒木 真, 佐々木哲也, 上田里寶, 山本浩平, 東野

- 達 : 大気環境学会誌, **46**, 241 (2011).
- 11) スリーエムヘルスケア株式会社 : “有機ガスモニター No. 3500, No. 3520 定量分析説明書”, (2004).
 - 12) 3M : “*3M organic vapor monitor sampling rate validation protocol*”, (1994).
 - 13) 環境省 : “有害大気汚染物質測定方法マニュアル”, (2011).
 - 14) 国立環境研究所 : “環境GIS有害大気汚染物質マップ”, (2011).
 - 15) 化学物質評価研究機構, 製品評価技術基盤機構 : “化学物質の初期リスク評価書”, (新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託事業), (2005, 2006, 2007).
 - 16) 奥村智恵, 谷 晃, 小杉緑子, 高梨 聡, 深山貴文, 小南裕志, 東野 達 : 生態工学会誌, **20**, 89 (2008).

Relationship between Atmospheric Concentration and Emissions of VOCs Using Passive Sampler

Shin ARAKI^{®1}, Tetsuya SASAKI², Kouhei YAMAMOTO² and Susumu TOHNO²

[®] E-mail : araki_shin@city.otsu.lg.jp

¹ Otsu City Public Health Center, 3-1, Goryocho, Otsu-shi, Shiga 520-8575

² Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Yoshidahonmachi, Sakyo-ku, Kyoto-shi, Kyoto 606-8501

(Received April 17, 2012 ; Accepted July 13, 2012)

In this study, the atmospheric concentration of volatile organic compounds (VOCs) was monitored by using passive samplers ; also, the relationship with emissions was investigated. Anthropogenic VOCs, such as benzene, toluene, xylene, ethylbenzene and 1,4-dichlorobenzene, as well as biogenic VOCs, such as α -pinene, were monitored. The concentration of toluene was the highest among these VOCs, and the second highest was α -pinene. The concentration of benzene was below the environmental quality standard in Japan. The sector of emission sources of toluene, xylene and ethylbenzene were implied to be similar because their concentrations showed a high correlation with each other. The concentrations of toluene, xylene and ethylbenzene showed high correlations with the amounts of emissions based on the PRTR database. The concentrations of 1,4-dichlorobenzene and α -pinene showed high correlations with the population and conifer covered area ratio, respectively. It was demonstrated that the atmospheric concentration of VOCs is influenced by emission sources in a relatively short distance.

Keywords : volatile organic compounds (VOCs); passive sampler ; atmospheric concentration ; emission.