

横浜市内における揮発性有機化合物(VOC)調査(2013～2015年度)

福崎有希子、小森陽昇、志村徹（横浜市環境科学研究所）、
石倉淳士（東京都環境局）、星純也（（公財）東京都環境公社東京都環境科学研究所）

Survey of volatile organic compounds in ambient air of Yokohama (2013-2015 fiscal year)

Yukiko Fukusaki, Akinori Komori, Toru Shimura (Yokohama Environmental Science Research Institute),
Atsushi Ishikura (Bureau of Environment, Tokyo Metropolitan Government),
Junya Hoshi (Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection)

キーワード：VOC、PM2.5、MIR、オゾン生成能

要 旨

揮発性有機化合物（以下、VOC）には、直接吸入することにより健康影響を及ぼす物質（有害大気汚染物質）もあれば、大気中で二次生成反応を起こし、光化学オキシダントやPM2.5に変化して健康影響を及ぼす物質もある。有害大気汚染物質に関しては濃度が年々減少傾向にあり、2007年以降、横浜市内では環境基準を達成しているが、光化学オキシダントやPM2.5に関しては未だ達成率の低い状態が続いている。光化学オキシダント及びPM2.5の原因物質であるVOCの横浜市内における成分組成やオゾン生成能の地域特性を把握するため、毎月1回VOC多成分モニタリング調査を行った。その結果、地域によってVOCの濃度及び組成割合が大きく異なることが分かった。特に地点間の差が顕著だったのはアルカン及びアルケンであり、これらは本牧・滝頭で高い傾向だった。

1. はじめに

VOCは、直接的または間接的に人の健康に影響を及ぼす。

呼吸などによって直接吸入することで健康影響を及ぼす物質は有害大気汚染物質と呼ばれ、中央環境審議会の答申において、現在248物質が指定されている。このうち、優先的に取り組むべき物質として23物質（優先取組物質）が指定されており、大気汚染防止法第22条において、常時監視することが規定されている。優先取組物質のうち、VOCに該当する13物質を横浜市環境科学研究所では毎月1回モニタリング調査を実施している。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は環境基準が定められているが、いずれの物質も環境中濃度は減少傾向にあり、2007年以降、

環境基準を達成している。

一方、VOCには大気中に放出された後、太陽光線を受けて反応する物質がある。その結果、生成してくるのが光化学オキシダント及びPM2.5である。光化学オキシダントは高濃度化すると、人の目や喉といった粘膜を刺激し、健康影響を引き起こすことが知られている。また、PM2.5は肺の奥深くにまで入り込み、呼吸器系及び循環器系に健康影響を及ぼすと言われている。

光化学オキシダント及びPM2.5の原因物質となるVOC成分を把握するため、横浜市環境科学研究所では横浜市内において毎月1回多成分モニタリング調査を行っている。今回、2013年度から2015年度の結果について解析を行ったので報告する。



図1 調査地点

表1 調査地点周辺の概況

測定地点名	主要固定発生源の方位と距離		主要道路の方位と距離	
中区本牧	南	0.3kmに石油精製工場	南	200mに首都高速湾岸線および市道本牧170号線
緑区 三保小学校	特になし		特になし	
磯子区滝頭	南東	1kmに根岸湾工業地帯	東	5mに国道16号
戸塚区 矢沢交差点	特になし		東	6mに国道1号（横浜新道）
鶴見区 潮田交流プラザ	東～南西	0.5kmの京浜工業地帯	南南東	0.3kmに東京大師横浜線
			南南東	0.3kmに首都高速横浜羽田空港線

2. 調査方法

2-1 調査地点

調査地点は、中区本牧、緑区三保小学校、磯子区滝頭、戸塚区矢沢交差点及び鶴見区潮田交流プラザ（以下、本牧、三保、滝頭、矢沢、潮田という）の計5地点で実施した。調査地点を図1、調査地点の概要を表1¹⁾に示す。なお、鶴見区潮田交流プラザ、中区本牧及び緑区三保小学校が一般環境大気測定局、戸塚区矢沢交差点及び磯子区滝頭が自動車排出ガス測定局である。

2-2 調査期間

夏季と冬季で地点間による成分組成やオゾン生成能を比較するため、6～9月（夏季）と1～2月（冬季）に多成分分析を行った。調査を2013年6～9月（6月4～5日、7月9～10日、8月6～7日、9月3～4日）、2014年6～9月（6月10～11日、7月8～9日、8月5～6日、9月2～3日）、2015年1～2月（1月6～7日、2月3～4日）、2015年6～9月（6月9～10日、7月27～28日、8月4～5日、9月1～2日）、2016年1～2月（1月5～6日、2月2～3日）の期間において、毎月1回実施した。2013年度だけは夏季のみの分析とした。

2-3 測定対象物質

測定対象物質は、アルカン28成分、アルケン23成分、芳香族20成分、植物起源VOC（以下、BVOC）5成分、含酸素化合物12成分、ハロゲン8成分（2015年度だけ31成分）、アルデヒド類2成分及びその他2成分（アクリロニトリル、アセチレン）の合計123成分とした。

2-4 分析方法

「有害大気汚染物質モニタリング測定方法マニュアル」²⁾の容器採取-ガスクロマトグラフ質量分析法（アルデヒド類以外）及び固相捕集-高速液体クロマトグラフ法（アルデヒド類）に準拠した。

なお、アルデヒド類については2013～2014年度はLC/MS、2015年度はHPLCにて分析を行った。

低沸点VOCを含む一部成分は東京都環境科学研究所で分析した。

2-5 測定装置

横浜市環境科学研究所では、試料濃縮・加熱脱着装置にAEROタワーシステムACS-2100、GC/MSにShimadzu GCMS-QP2010 Plus、LC/MSにwaters 2695/Quattro Premier XE、HPLCにAgilent 1290 Infinityを用いた。一方、東京都環境科学研究所では、試料濃縮・加熱脱着装置にEntech7100A、GC/MSにAgilent 7890A/5975C (C2-4:FID、その他：MS)を用いた。

3. 結果と考察

3-1 オゾン生成能

VOCには様々な物質があるが、各VOCによって光化学反応性は異なる。その指標として、MIR (Maximum Incremental Reactivity)³⁾がある。これは、大気中で各VOC濃度を増加させたときのオゾンの最大増加量を表している。今回の調査では、光化学反応に寄与しているVOC成分を把握するため、VOC濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)にMIR値($\mu\text{g-O}_3/\mu\text{g-VOC}$)をかけて算出したオゾン生成能($\mu\text{g-O}_3/\text{m}^3$)で比較を行った。

3-2 調査日の気象状況

調査日の風向風速を表2と表3に示す。

各調査地点における風向風速の算出には、横浜地方気象台の10分ごとのデータを使用した。サンプリング開始時間と終了時間の間のデータの16方位別の風向をカウントし、最も頻度の高かった風向を主風向とした。また、風速についてはサンプリング開始時間から終了時間の間の風速の平均値とした。

風向風速ともに地点間で大きな差はなく、風向は主に夏季は南風、冬季は北風であり、風速は2014年8月と2015年1月が強風(約7 m/s)であった。

3-3 地点間での比較

3-3-1 全体

年月別のオゾン生成能の総量を図2に示す。

5地点の中では、本牧と滝頭でオゾン生成能が高い傾向が見られた。また、風速が大きかった2014年8月と2015年1月は各地点でオゾン生成能が低い傾向が見られた。

表2 調査日の風向

	2013年度						2014年度				2015年度					
	6月	7月	8月	9月	6月	7月	8月	9月	1月	2月	6月	7月	8月	9月	1月	2月
本牧	南南西	南西	北	南南東	東南東	南西	南西	東南東	北	北	北	南西	南南西	南南西	北北東	北
三保	南南西	南西	北	南南東	南東	南西	南西	東南東	北	北	北	南西	南南西	南南西	北北東	北
滝頭	南南西	南西	北	南南東	東北東	南西	南西	東	北	北	北	南西	南南西	南南西	北北東	北
矢沢	南南西	南西	北	南南東	南東	南西	南西	東	北	北	北	南西	南南西	南南西	北北東	北
潮田	南南西	南西	北	南南東	東南東	南西	南西	東南東	北	北	北	南西	南南西	南南西	北北東	北

表3 調査日の風速(m/s)

	2013年度				2014年度				2015年度							
	6月	7月	8月	9月	6月	7月	8月	9月	1月	2月	6月	7月	8月	9月	1月	2月
本牧	3.7	3.3	2.7	3.0	2.2	2.7	7.7	2.6	7.1	3.0	2.1	3.2	4.2	4.0	1.9	3.9
三保	3.9	3.3	2.7	3.2	2.2	2.5	7.4	2.6	6.4	2.9	2.1	3.2	4.3	4.7	2.0	4.0
滝頭	4.0	3.3	2.7	3.3	2.2	2.4	7.3	2.6	5.9	2.9	2.1	3.2	4.2	4.1	2.0	3.9
矢沢	4.0	3.3	2.7	3.2	2.3	2.5	7.3	2.6	6.2	2.9	2.0	3.2	4.2	4.3	2.0	3.9
潮田	3.7	3.3	2.7	3.0	2.2	2.6	7.7	2.6	7.0	2.9	2.2	3.1	4.4	4.9	2.1	4.2

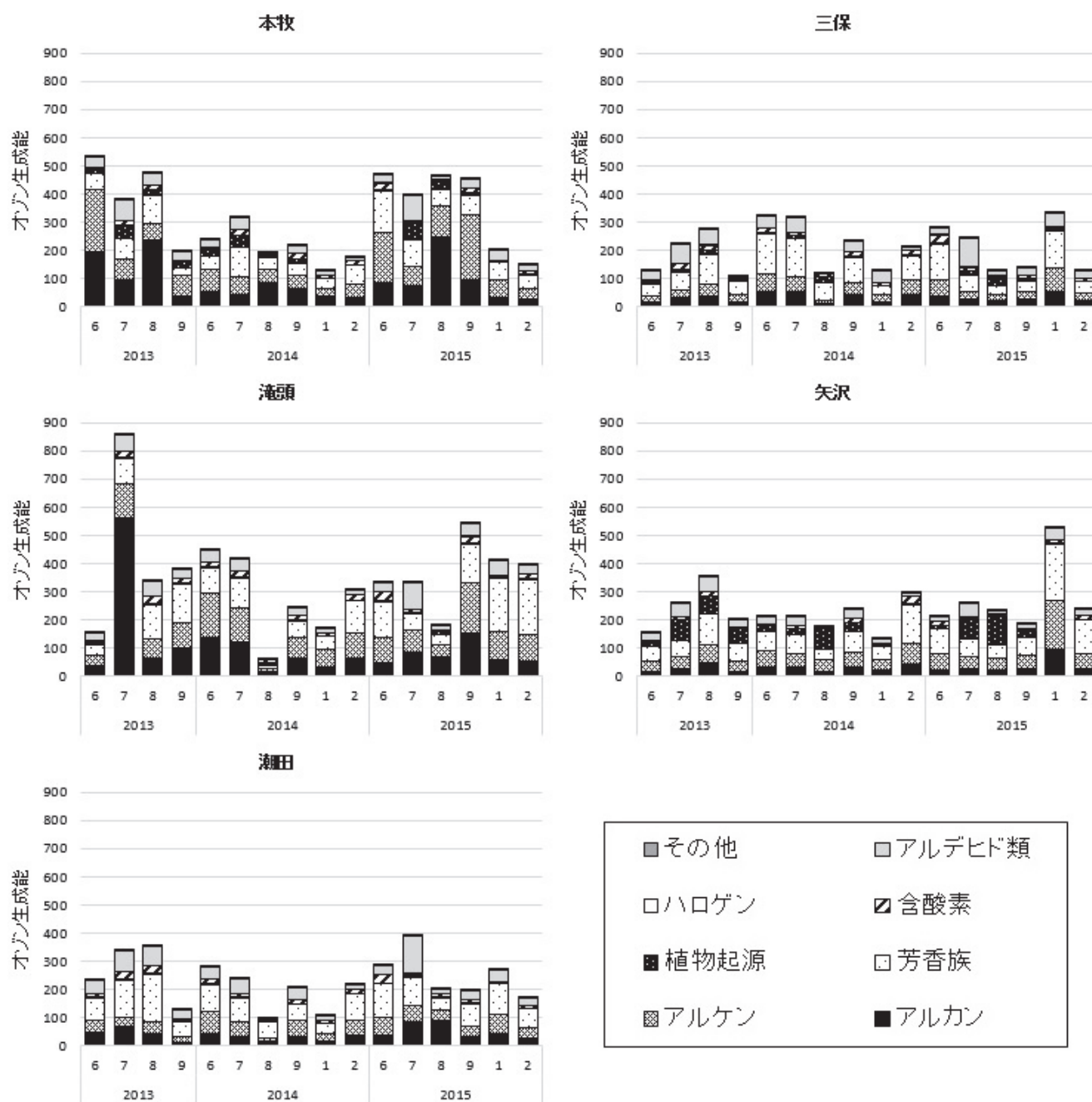


図2 各地点のオゾン生成能(年月別)

本牧では、夏季にアルカン及びアルケンの割合が高い一方、冬季はアルカン及びアルケンの割合が低くなる傾向が見られた。芳香族の割合は、夏季も冬季も高い傾向だった。

三保では、芳香族の割合が高い傾向が見られた。

滝頭では、アルカン、アルケン及び芳香族の割合が高い傾向が見られた。

矢沢では、夏季に BVOC の割合が他地点と比較して高く、冬季に芳香族の割合が高くなる傾向が見られた。

潮田では、芳香族の割合が高い傾向が得られた。

続いて、3年平均値を用いて、VOC 種別ごとのオゾン生成能の地点間における差を確認した(図3)。

アルカン及びアルケンについては、本牧、滝頭でオゾン生成能が特に高い傾向が見られた。また、BVOC は矢沢でオゾン生成能が高い傾向が見られた。

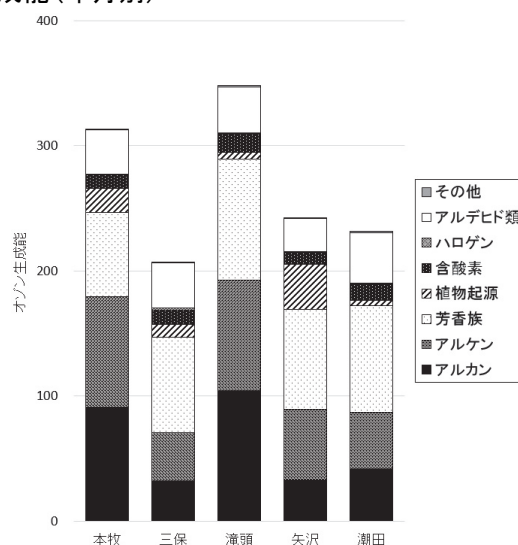


図3 各地点のオゾン生成能(3年平均値)

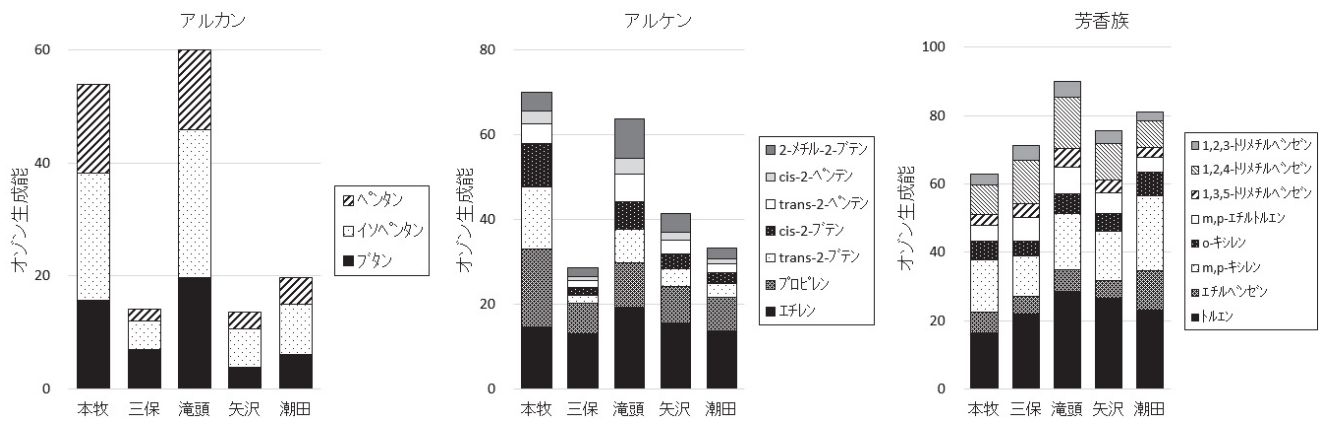


図4 VOC 主要成分の各地点間の比較

3-3-2 VOC 個別成分

アルカン、アルケン及び芳香族の中でオゾン生成能の高かった物質の地点間での比較を行った（図4）。

アルカンは、いずれの地点においてもブタン、イソペンタン及びペンタンの割合が高く、3成分でアルカン全体の4～6割を占めた。本牧、滝頭では他地点と比較すると2～3倍ほどになった。

アルケンは、いずれの地点においてもエチレン及びプロピレンの割合が高く、アルカン同様、本牧と滝頭で他地点と比較して高い傾向が見られた。

芳香族は、各地点でトルエン、m,p-キシレン及び1,2,4-トリメチルベンゼンの順に割合が高い傾向が見られたが、各地点でのオゾン生成能に大きな差は見られなかった。

3-4 夏季と冬季の比較

3-4-1 全体

夏季・冬季別の3年平均値を用いて、各地点のオゾン生成能を比較した（図5）。アルデヒド類では各地点で夏季よりも冬季の方がオゾン生成能が低いという共通した傾向が見られた。

本牧では、冬季と比較して夏季のオゾン生成能は2倍以上高く、5地点の中でこの差が最も顕著であった。特に、アルカン及びアルケンのオゾン生成能の差が大きい結果となった。

三保では、夏季と冬季で大きな差は見られなかった。

滝頭では、夏季に比べて冬季はアルカンのオゾン生成能が低く、芳香族のオゾン生成能が高い傾向が見られた。

矢沢では、唯一、夏季よりも冬季のオゾン生成能の方が高かった。夏季に比べて冬季にアルカン、アルケン及び芳香族のオゾン生成能が高く、BVOCのオゾン生成能が低い傾向が見られた。

潮田では、夏季に比べて冬季のアルカン及びアルデヒド類のオゾン生成能が低い傾向が見られた。

3-4-2 VOC 個別成分

三保以外の各地点において、夏季と冬季でオゾン生成能の濃度変動が大きかった個別成分を調べた。

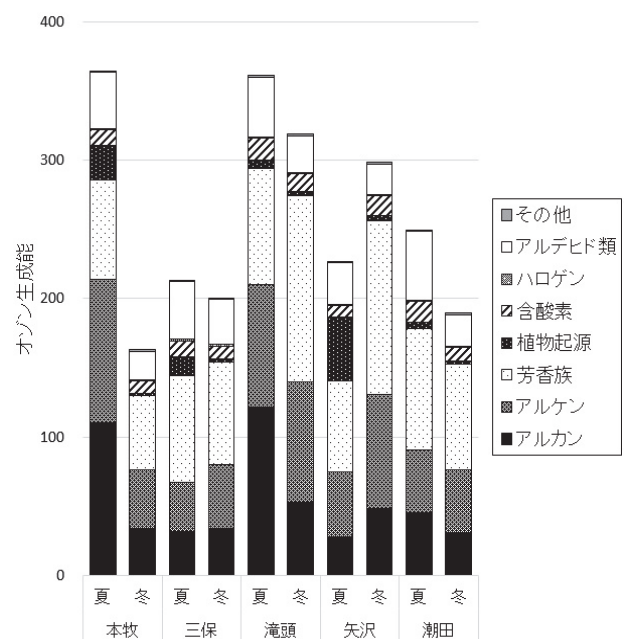


図5 夏季・冬季別の各地点のオゾン生成能 (3年平均値)

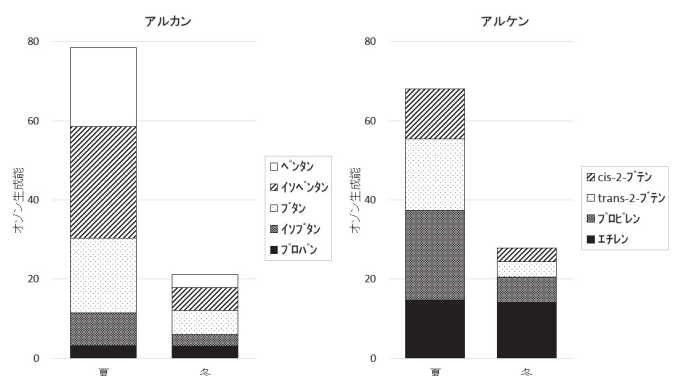


図6 VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能 (本牧)

3-4-2-1 本牧

本牧の VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能の比較を図 6 に示す。

アルカンではブタン、ペンタン及びイソペンタンの差が大きかった。アルケンではプロピレン、trans-2-ブテン及び cis-2-ブテンの差が大きかった。プロパン及びエチレンのオゾン生成能差はほとんど見られなかった。

3-4-2-2 滝頭

滝頭の VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能の比較を図 7 に示す。

アルカンでは、特にブタン、イソペンタン及びペンタンのオゾン生成能が冬季に低くなった。芳香族では、トルエン、m, p-キシレン及び 1, 2, 4-トリメチルベンゼンのオゾン生成能が冬季に高くなった。

3-4-2-3 矢沢

矢沢の VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能の比較を図 8 に示す。

アルカン、アルケン及び芳香族では、主要成分のすべてが夏季と比較して冬季に高くなった。また、BVOC では特にイソプレンが冬季に低くなった。

3-4-2-4 潮田

潮田の VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能の比較を図 9 に示す。

図 9 に示す。

アルカンでは、特にペンタン及びイソペンタンのオゾン生成能が冬季に低くなり、アルデヒド類ではホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドのオゾン生成能が大きく低下した。

アルデヒド類については、5 地点とも夏季と比べて冬季に低い傾向があったが、潮田でもっとも減少率が大きかった。

4. まとめ

調査地点 5 地点の主要成分はすべて共通しており、アルカンではブタン、ペンタン及びイソペンタン、アルケンではエチレン及びプロピレン、芳香族ではトルエン、m, p-キシレン及び 1, 2, 4-トリメチルベンゼンのオゾン生成能が高い傾向が得られた。

夏季と冬季では、矢沢を除いて、夏季のオゾン生成能の方が高く、特に本牧でその差が顕著だった。

3 年平均値による地点間の比較では、本牧及び滝頭のオゾン生成能が高い傾向が見られた。地点間で差が大きかった種別はアルカン及びアルケンであり、これらは本牧及び滝頭で濃度が高い傾向だった。特に、アルカンのペンタン及びイソペンタンの濃度差が顕著だった。一方、芳香族は地点間による差があまり見られなかった。

横浜市内においても、地域によって濃度及び組成割合が大きく異なることが分かった。これは近傍の発生源の

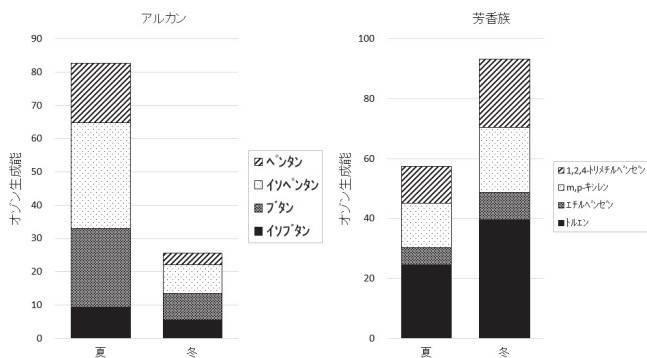


図 7 VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能 (滝頭)

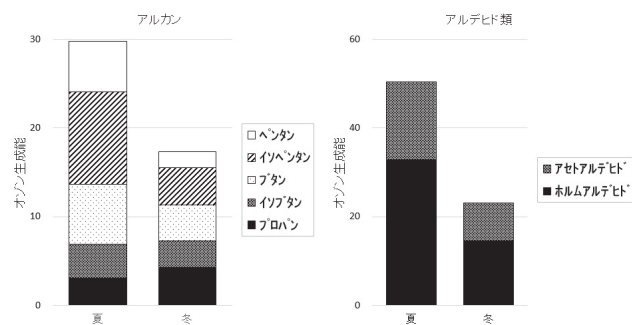


図 9 VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能 (潮田)

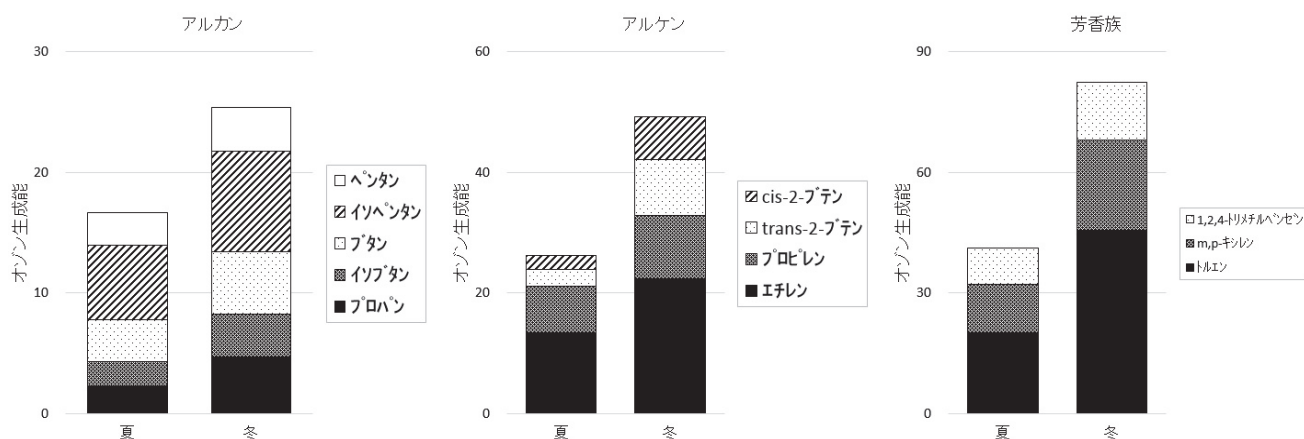


図 8 VOC 主要成分の夏季・冬季別オゾン生成能 (矢沢)

影響を大きく受けていると考えられる。今後も引き続き多成分モニタリング調査を行っていく。

文 献

- 1) 横浜市環境創造局：横浜市大気汚染調査報告書第 55 報、2-3 (2011)
- 2) 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、43-63、155-163 (2011)
- 3) California Environmental Protection Agency Air Resources Board : Amendments to the Tables of Maximum Incremental Reactivity (MIR) Values (2010)