

## 川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2023 年度)

## Atmospheric Concentration of Volatile Organic Compounds in Kawasaki City (2023)

野村 あづみ	NOMURA Azumi	沼田 和也	NUMATA Kazuya
鈴木 義浩	SUZUKI Yoshihiro	小林 勉	KOBAYASHI Tsutomu
喜内 博子	KINAI Hiroko		

## 要旨

本研究所では、大気汚染防止法第 22 条に基づく常時監視項目となっている有害大気汚染物質の優先取組物質のうち、揮発性有機化合物である 11 物質を、またこれらと同時分析可能な揮発性有機化合物 84 物質の計 95 物質についてモニタリング調査を継続して実施している。本報告は、2023 年度調査結果をとりまとめたものである。

優先取組物質は、調査を開始した 1997 年度以降、年平均値が概ね低下または横ばいで推移しており、2008 年度以降は環境基準または指針値が定められている揮発性有機化合物 10 物質全てにおいて、環境基準を達成または指針値に適合している。2023 年度についても全調査地点において環境基準を達成または指針値に適合していた。

また、2021 年度から、光化学オキシダントに関わる物質としてアルカン類、アルケン類、シクロアルカン類、芳香族類、ピネン類及びアクリロニトリルの計 56 物質について調査対象物質に加え解析を実施した。56 物質の合計濃度は 2 月が高く、次いで 12、1 月が高く、4 月は低くなった。炭化水素の割合を前述の 6 つの分類で比較すると、アルカン類と芳香族類が大部分を占めていた。多摩測定局においては芳香族類が、環境総合研究所においてはアルケン類及びシクロアルカン類の濃度が他の地点と比較して高い特徴がみられた。調査の結果と常時監視局の光化学オキシダント濃度を比較したところ、両者に大きな相関関係は見られなかった。しかし、依然としてデータ数が十分ではなく、関係性を評価することができなかったため、今後更なるデータを蓄積していく。

キーワード: 揮発性有機化合物、キャニスター採取、ガスクロマトグラフ質量分析、有害大気汚染物質

Key words: Volatile organic compounds, Canister sampling, GC/MS analysis, Hazardous air pollutants

## 1 はじめに

1996 年 5 月に大気汚染防止法が改正され (1997 年 4 月 1 日施行)、地方公共団体は、有害大気汚染物質による大気汚染の状況の把握等に努めることとされた。

本市では、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」<sup>1)</sup> (以下、マニュアル) に基づき、測定方法が示された有害大気汚染物質を、全国標準監視地点 4 地点のほか、独自調査地点 1 地点を追加した合計 5 地点について、モニタリング調査を計画的に実施している。

大気汚染防止法第 22 条で常時監視項目となっている有害大気汚染物質の優先取組物質 22 物質のうち揮発性有機化合物 (以下、VOC) 11 物質を含む 52 物質のモニタリングはこれまで研究所において継続的に行ってきた。2021 年度から、光化学オキシダントの生成に関係する炭化水素の濃度についての実態把握のため、さらに 43 物質を追加し計 95 物質での調査を実施している<sup>2)</sup>。

本報告は、これら VOC95 物質の調査結果をまとめたものである。

## 2 調査方法

## 2.1 調査地点

調査地点を図 1 に示す。調査地点は、環境省の「有害大気汚染物質モニタリング地点選定ガイドライン」<sup>3)</sup>に基づいて設定された全国標準監視地点として池上自動車排

出ガス測定局 (以下、池上)、大師一般環境大気測定局 (以下、大師)、中原一般環境大気測定局 (以下、中原) 及び多摩一般環境大気測定局 (以下、多摩) の 4 地点に本研究所独自の調査地点として環境総合研究所 (以下、環総研) を加えた計 5 地点である。

環総研での調査については、固定発生源の多い臨海工業地域における環境実態の知見の蓄積を目的として 2013 年 2 月の本研究所開設以降実施している。



図 1 調査地点

2.2 調査日及び試料採取方法

2.2.1 調査日

毎月1回、年12回調査した。調査日は表1の通りである。

大師の観測結果を代表として調査時の風配図（風向頻度）及び平均風速を図2に示す。また、2023年度に川崎市及び近隣都市で光化学スモッグ注意報が発令された日の一覧を表2に示す。

表1 調査日

2023年4月11日～12日	2023年10月11日～12日
2023年5月9日～10日	2023年11月7日～8日
2023年6月6日～7日	2023年12月5日～6日
2023年7月4日～5日	2024年1月16日～17日
2023年8月1日～2日	2024年2月14日～15日
2023年9月5日～6日	2024年3月5日～6日

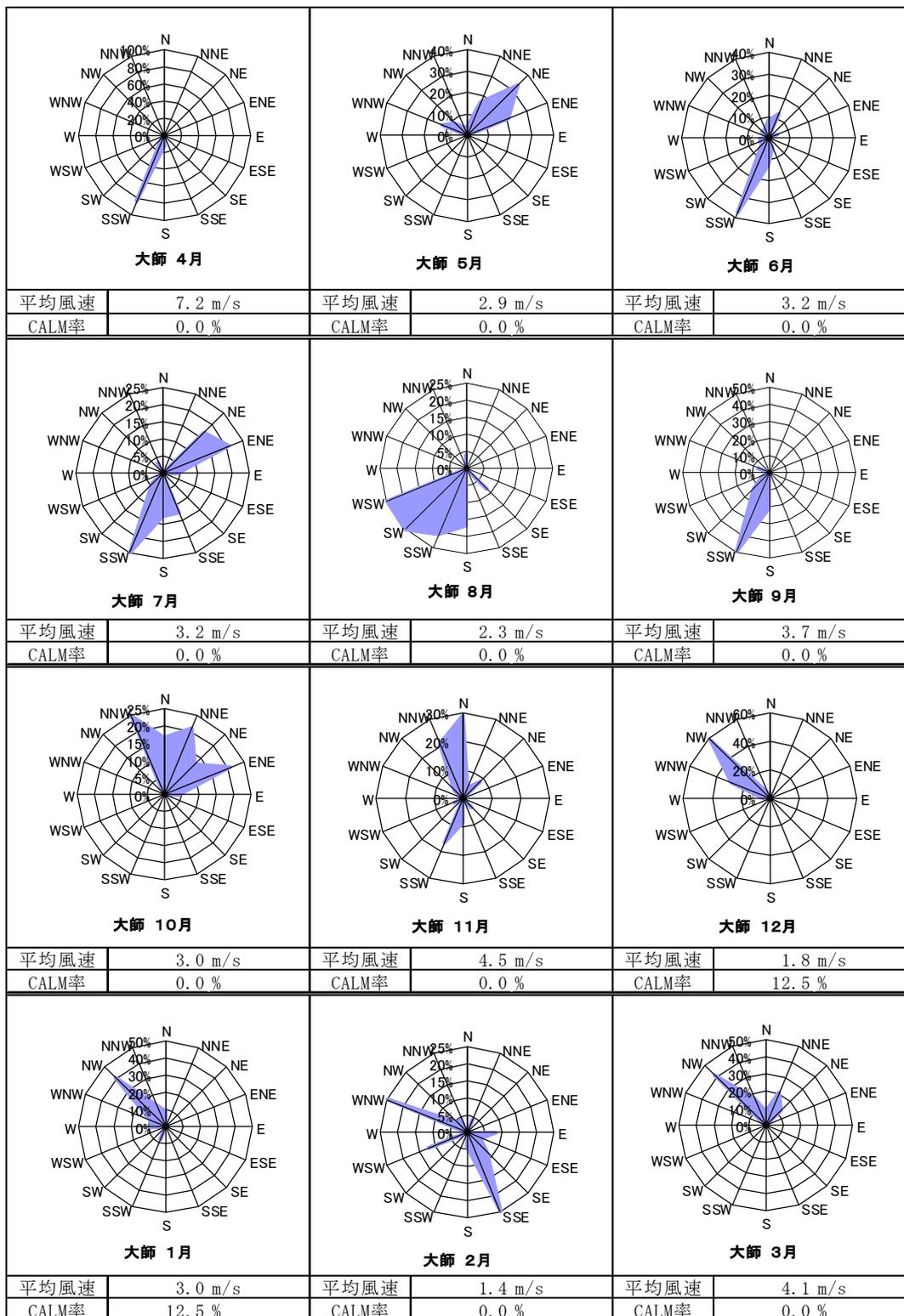


図2 風配図

表2 川崎市及び近隣都市における光化学スモッグ注意報発令日（2023年度）

日付	神奈川県		東京都	千葉県	埼玉県
	川崎市域	川崎市域以外			
5月18日			★	★	★
7月3日					★
7月7日				★	
7月11日					★
7月14日				★	
7月18日	★	★	★	★	
7月25日			★	★	★
7月26日	★	★	★	★	★
7月27日					★
9月28日					★

★：光化学スモッグ注意報発令地域

### 2.2.2 試料採取方法

内壁をフューズドシリカ薄膜でコーティングし、不活性化処理（Silicosteel 処理）した6Lの金属製試料採取容器（以下、キャニスター）を加熱洗浄及び減圧し、図3のとおりパッシブサンプラーを取り付けた。試料採取は毎分約3 mLの流量で24時間連続採取を行った。



図3 試料採取装置

### 2.3 調査対象物質

大気汚染防止法第22条に基づく常時監視項目となっている有害大気汚染物質の優先取組物質のうち VOC11 物質及び2.4.1の分析方法により同時分析可能な84物質の計95物質とした（表3を参照）。

優先取組物質以外の物質について、1997年度から33物質を、2006年度から代替フロン類7物質を、2013年度から *n*-ヘキサンを、環境リスク評価のための暴露量やフロン類の環境実態の把握等を目的として継続して実施している。2021年度からは、その他の43物質について、光化学オキシダント生成に関連した VOC 濃度の把握を目的として実施している。

### 2.4 分析方法及び測定装置

#### 2.4.1 分析方法

マニュアル記載の大気中のベンゼン等揮発性有機化合物(VOCs)の測定方法に準じて、ガスクロマトグラフ質量分析計（以下、GC-MS）により測定を行った。本研究所における大気中 VOC 分析について、試料採取から結果解析までの一連の流れを図4に示す。

測定モード：SIM

カラム：Rxi-624Sil MS

イオン化法：EI

#### 2.4.2 測定装置

キャニスター洗浄装置：Entech 3100D

試料濃縮・加熱脱着装置：Entech 7200

GC-MS：7890B/5977B inertPlus

表3 調査対象95物質一覧

<b>アルカン類 23物質</b>
プロパン、イソブタン、 <i>n</i> -ブタン、イソペンタン、 <i>n</i> -ペンタン、2,2-ジメチルブタン、2,3-ジメチルブタン、2-メチルペンタン、3-メチルペンタン、 <i>n</i> -ヘキサン、2,4-ジメチルペンタン、2-メチルヘキサン、2,3-ジメチルペンタン、3-メチルヘキサン、2,2,4-トリメチルペンタン、 <i>n</i> -ヘプタン、2,3,4-トリメチルペンタン、2-メチルヘプタン、3-メチルヘプタン、 <i>n</i> -オクタン、 <i>n</i> -ノナン、 <i>n</i> -デカン、 <i>n</i> -ウンデカン
<b>アルケン類 10物質</b>
プロピレン、1-ブテン、1,3-ブタジエン、 <i>trans</i> -2-ブテン、 <i>cis</i> -2-ブテン、1-ペンテン、イソプレン、 <i>trans</i> -2-ペンテン、 <i>cis</i> -2-ペンテン、2-メチル-1-ペンテン
<b>シクロアルカン類 4物質</b>
シクロペンタン、メチルシクロペンタン、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサン
<b>芳香族類 16物質</b>
ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、 <i>m</i> -キシレン及び <i>p</i> -キシレン、スチレン、 <i>o</i> -キシレン、イソプロピルベンゼン、 <i>n</i> -プロピルベンゼン、3-エチルトルエン、4-エチルトルエン、1,3,5-トリメチルベンゼン、2-エチルトルエン、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,2,3-トリメチルベンゼン、 <i>m</i> -ジエチルベンゼン、 <i>p</i> -ジエチルベンゼン
<b>その他 42物質</b>
<b>&lt;有機ハロゲン化合物&gt; 26物質</b>
トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、塩化ビニルモノマー、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン、塩化メチル、クロロエタン、3-クロロ-1-プロペン、1,1-ジクロロエチレン、 <i>cis</i> -1,2-ジクロロエチレン、1,1-ジクロロエタン、 <i>cis</i> -1,3-ジクロロプロペン、 <i>trans</i> -1,3-ジクロロプロペン、クロロベンゼン、1,2-ジクロロプロパン、塩化ベンジル、1,1,2-トリクロロエタン、 <i>m</i> -ジクロロベンゼン、 <i>p</i> -ジクロロベンゼン、 <i>o</i> -ジクロロベンゼン、1,1,2,2-テトラクロロエタン、1,2,4-トリクロロベンゼン、ヘキサクロロ-1,3-ブタジエン、プロモメタン、1,2-ジプロモエタン
<b>&lt;フロン類&gt; 13物質</b>
CFC-11、CFC-12、CFC-113、CFC-114、1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素、HCFC-22、HCFC-142b、HCFC-141b、HCFC-123、HCFC-225ca、HCFC-225cb、HFC-134a
<b>&lt;ピネン類&gt; 2物質</b>
$\alpha$ -ピネン、 $\beta$ -ピネン
<b>&lt;上記以外&gt;</b>
アクリロニトリル

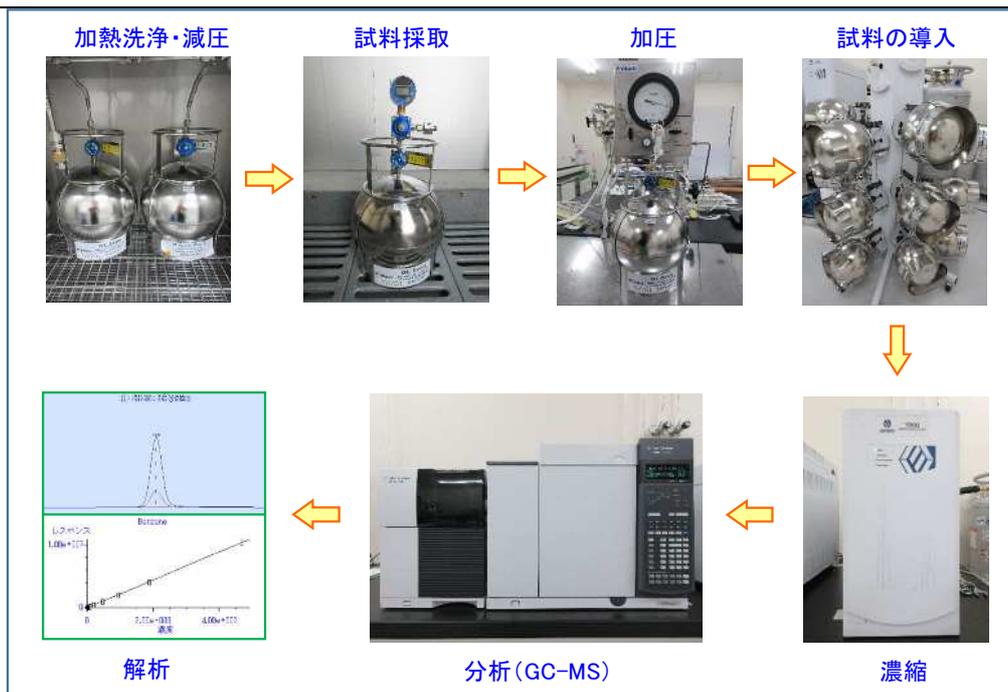


図4 大気中VOC分析の流れ

### 3 調査結果

#### 3.1 年平均値

2023 年度における各物質の年平均値を表 4 に示す。黄色に網掛けされた物質は優先取組物質に指定されている。

年平均値は、マニュアルに準じて測定値が検出下限値未満の場合は検出下限値を 2 で除した値とし、検出下限値以上の場合は測定値をそのまま採用して、全測定値の算術平均値を求めている。

また、優先取組物質 11 物質のうち、環境基準または指針値が設定されている物質については、その値を表 4 に併せて示す。環境基準及び指針値は長期暴露による健康影響を考慮して設定された値であるため、年平均値との比較で評価される。

##### 3.1.1 優先取組物質

優先取組物質は調査を開始した 1997 年度以降、概ね低下または横ばい傾向を示している。各優先取組物質の過去 10 年間の経年推移を図 5～15 に示す。なお、2023 年度は環境基準または指針値が設定されている 10 物質において、全調査地点で環境基準を達成または指針値に適合した。

##### 3.1.1.1 環境基準が設定されている物質

ベンゼンは、2007 年度以前は環境基準非達成の年もあったが、2008 年度以降は全調査地点において環境基準を達成しており、2023 年度も達成した。固定発生源周辺に位置する池上、大師及び環総研は、2016 年度と同程度の濃度に低下したものの、依然として他の調査地点と比較して年平均値が高く、今後の動向を注視していく必要がある。

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は、年平均値が環境基準を大幅に下回っていた。トリクロロエチレンは独自調査地点である環総研で他の地点に比べると年平均値がやや高くなった。テトラクロロエチレンとジクロロメタンについては調査地点間に

大きな差はなく、概ね横ばいで推移している。また、これらの 3 物質は調査を開始した 1997 年以降、全調査地点で環境基準を達成している。

##### 3.1.1.2 指針値が設定されている物質

指針値が設定されているアクリロニトリル、塩化ビニルモノマー、塩化メチル、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン及び 1,3-ブタジエンの 6 物質については、調査を開始した 1997 年度以降、全調査地点で指針値に適合している。2023 年度においても独自調査地点である環総研を含む全調査地点で指針値に適合していた。なお、塩化メチルについては、2020 年 8 月 20 日付け「今後の有害大気汚染物質のあり方について（第十二次答申）」について（通知）により指針値が新たに設定された。

アクリロニトリルは、独自調査地点である環総研において、年平均値が他の調査地点と比べると高く、今後も濃度推移を注視していく必要がある。

塩化ビニルモノマー、1,2-ジクロロエタン、1,3-ブタジエン及び塩化メチルは、全調査地点でほぼ同程度の濃度であり、指針値を大幅に下回った。

クロロホルムは、2023 年度の調査では調査地点間に大きな差はなかった。多摩において、2014 年度から 2018 年度まで、他の調査地点と比較して年平均値が高くなる傾向があり、2018 年度は特に顕著だった<sup>4)~12)</sup>。原因はこれまでのところ不明であるが、今後も濃度推移を注視していく必要がある。

##### 3.1.1.3 トルエン

指針値のないトルエンは、2015 年度以降、多摩において他の調査地点と比較して濃度が高い傾向を示した。2019 年度以降も差が小さくなってきているものの、他地点と比べやや高い濃度で推移している。

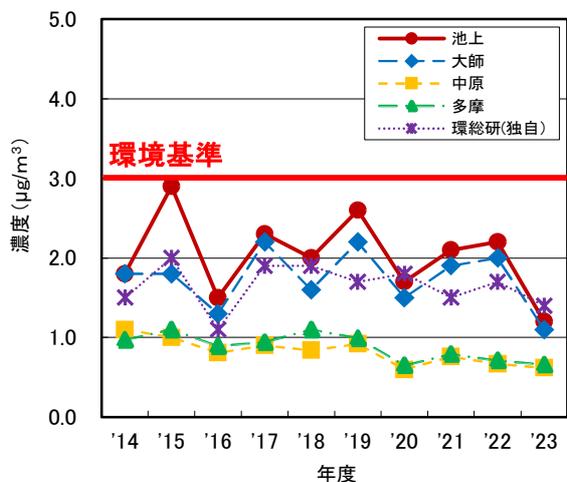


図5 ベンゼンの経年推移  
<環境基準 3 µg/m³>

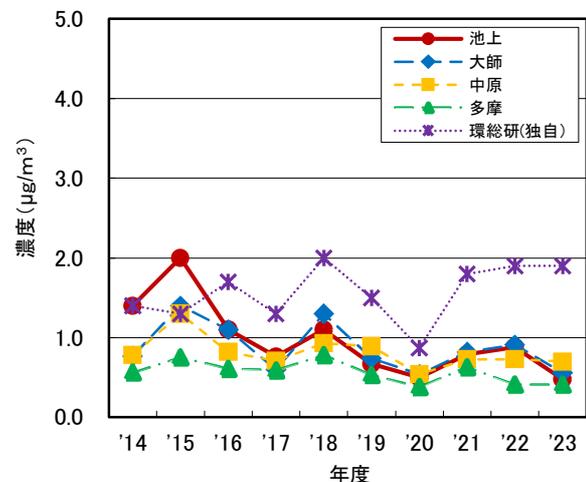


図6 トリクロロエチレンの経年推移  
<環境基準 130 µg/m³>

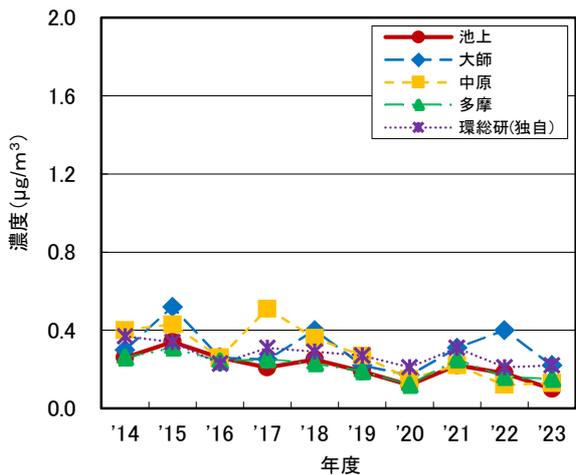


図7 テトラクロロエチレンの経年推移  
 <環境基準 200 µg/m³>

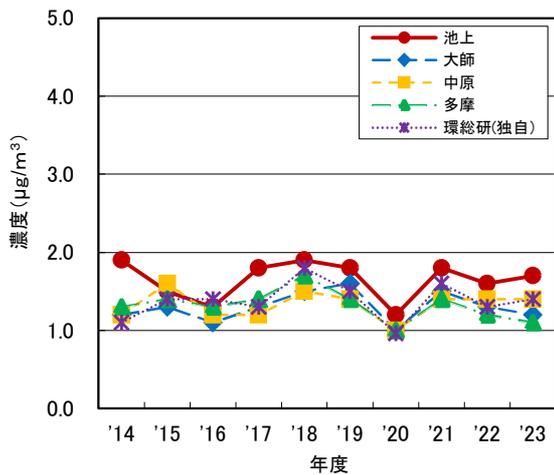


図8 ジクロロメタンの経年推移  
 <環境基準 150 µg/m³>

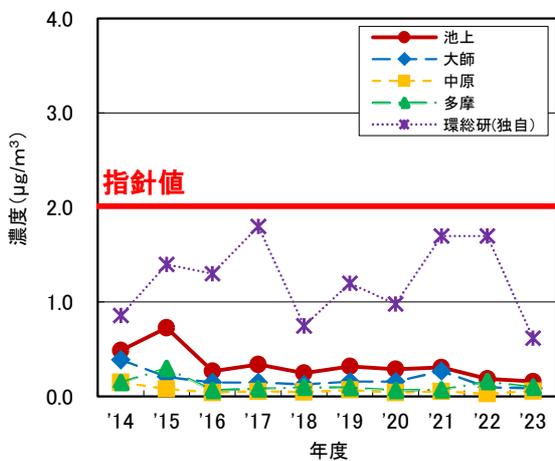


図9 アクリロニトリルの経年推移  
 <指針値 2 µg/m³>

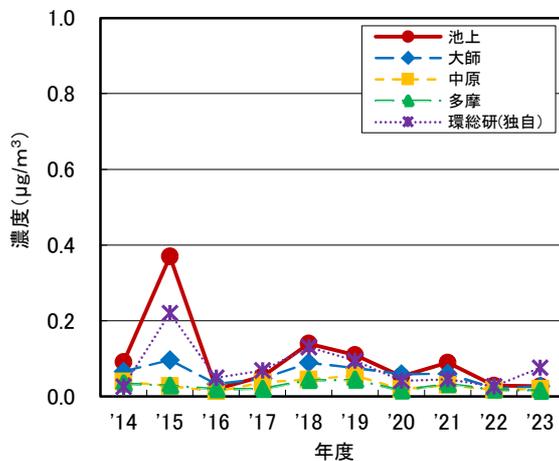


図10 塩化ビニルモノマーの経年推移  
 <指針値 10 µg/m³>

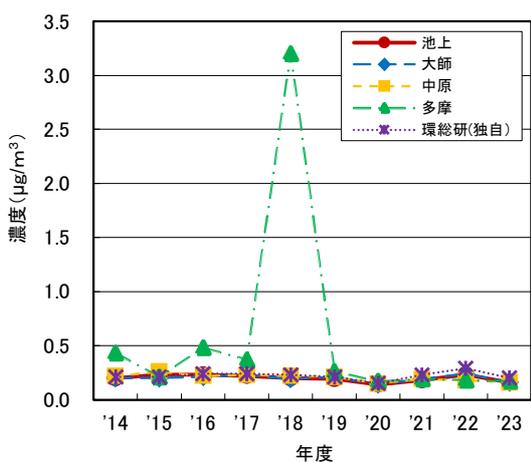


図11 クロロホルムの経年推移  
 <指針値 18 µg/m³>

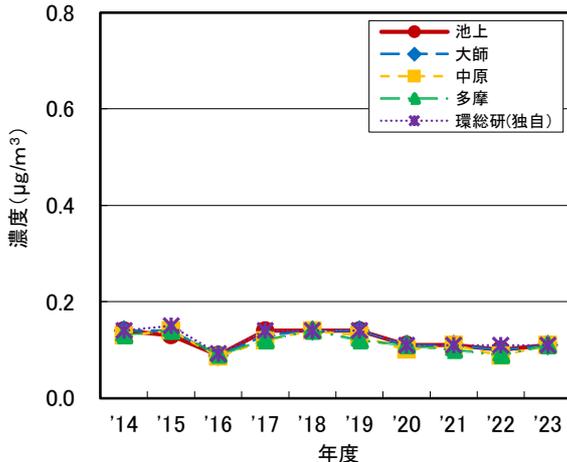


図12 1,2-ジクロロエタンの経年推移  
 <指針値 1.6 µg/m³>

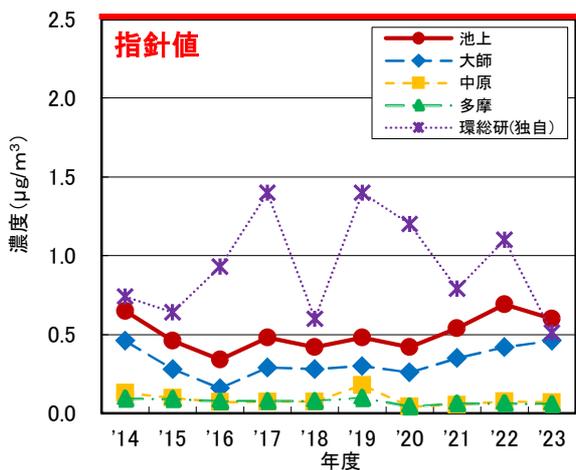


図13 1,3-ブタジエンの経年推移  
<指針値 2.5 µg/m³>

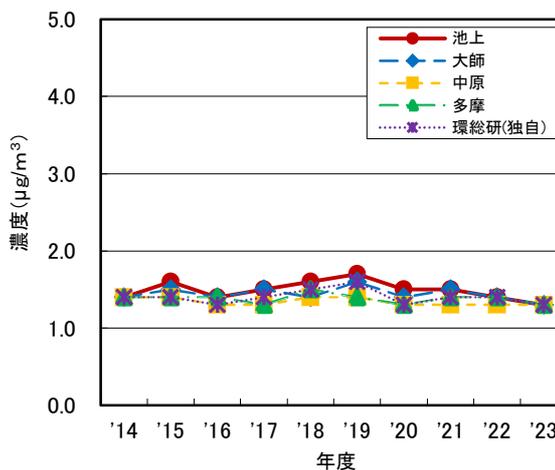


図14 塩化メチルの経年推移  
<指針値 94 µg/m³>

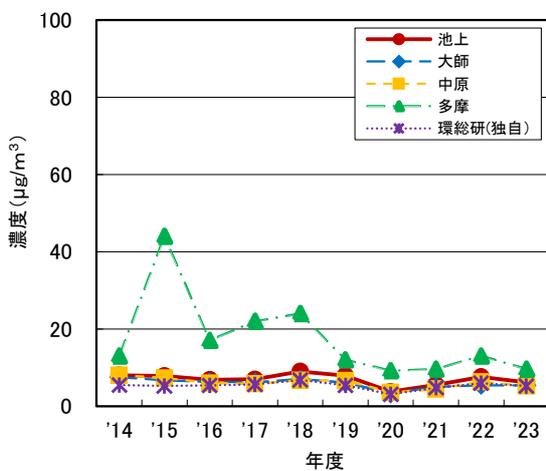


図15 トルエンの経年推移

### 3.1.2 その他の物質

有機塩素化合物（フロン類を除く）及び有機臭素化合物は、約5割の物質において年平均値が各月の検出下限値の最大値未満であった。

芳香族類であるエチルベンゼンやキシレンは、物質毎に程度の差はあるが、どの物質についても多摩が他の調査地点に比べてやや高い傾向が見られた。

モントリオール議定書における特定物質のうち、CFC

類、1,1,1-トリクロロエタン及び四塩化炭素は、いずれも調査当初から低下傾向を示しており、近年は環境省が設定するバックグラウンド濃度<sup>13)</sup>付近で横ばいの推移をしている。また、HCFC類は年平均値がほぼ横ばいまたはやや低下傾向を示しており、近年はバックグラウンド濃度との差が小さくなってきている。

n-ヘキサンは、環総研が他の調査地点に比べて高い傾向が見られた。

表4 各調査地点における2023年度調査結果

	測定物質	大気汚染防止法第22条に基づく常時監視地点				独自の調査地点	単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 環境基準 (指針値)
		池上測定局	大師測定局	中原測定局	多摩測定局	環境総合研究所	
アルカン類	プロパン	13	12	10	12	9.6	—
	イソブタン	4.4	3.9	3.1	2.9	4.0	—
	n-ブタン	6.0	5.7	4.6	4.4	4.9	—
	イソペンタン	3.9	3.1	2.4	2.5	2.8	—
	n-ペンタン	2.1	1.7	1.2	1.2	1.5	—
	2,2-ジメチルブタン	0.22	0.12	0.096	0.10	0.11	—
	2,3-ジメチルブタン	0.39	0.23	0.17	0.18	0.20	—
	2-メチルペンタン	1.9	1.2	0.84	0.86	1.1	—
	3-メチルペンタン	1.3	0.86	0.61	0.64	0.87	—
	n-ヘキサン	1.4	1.3	0.87	1.1	1.7	—
	2,4-ジメチルペンタン	0.067	0.049	0.039	0.057	0.046	—
	2-メチルヘキサン	0.28	0.21	0.17	0.25	0.20	—
	2,3-ジメチルペンタン	0.092	0.068	0.060	0.077	0.064	—
	3-メチルヘキサン	0.29	0.22	0.18	0.26	0.21	—
	2,2,4-トリメチルペンタン	0.12	0.088	0.083	0.11	0.079	—
	n-ヘプタン	0.59	0.52	0.44	0.64	0.69	—
	2,3,4-トリメチルペンタン	0.053	0.038	0.040	0.050	0.034	—
	2-メチルヘプタン	0.11	0.080	0.064	0.096	0.085	—
	3-メチルヘプタン	0.12	0.089	0.074	0.10	0.093	—
	n-オクタン	0.21	0.17	0.12	0.24	0.19	—
n-ノナン	0.53	0.40	0.40	0.48	0.41	—	
n-デカン	0.74	0.59	0.67	0.79	0.60	—	
n-ウンデカン	0.36	0.25	0.31	0.43	0.26	—	
アルケン類	プロピレン	2.1	1.7	1.2	1.4	2.5	—
	1-ブテン	0.80	0.72	0.44	0.79	1.4	—
	1,3-ブタジエン	0.60	0.46	0.069	0.057	0.51	(2.5)
	trans-2-ブテン	0.25	0.23	0.15	0.11	0.33	—
	cis-2-ブテン	0.20	0.18	0.12	0.089	0.29	—
	1-ペンテン	0.13	0.10	0.089	0.094	0.11	—
	イソプレン	0.16	0.11	0.11	0.44	0.16	—
	trans-2-ペンテン	0.17	0.13	0.11	0.099	0.11	—
	cis-2-ペンテン	0.092	0.072	0.061	0.054	0.062	—
2-メチル-1-ペンテン	0.11	0.12	0.060	0.070	0.28	—	
※1	シクロペンタン	0.16	0.11	0.11	0.44	0.16	—
	メチルシクロペンタン	0.17	0.13	0.11	0.099	0.11	—
	シクロヘキサン	0.092	0.072	0.061	0.054	0.062	—
	メチルシクロヘキサン	0.11	0.12	0.060	0.070	0.28	—

※1：シクロアルカン類

\*：各平均値が各月の検出下限値の最大未満  
(月測定値の多くが検出下限値未満であることを目安である)  
有効数字は定量下限値の最小値の桁までとした

\*\*：毎月の測定値がすべて検出下限値未満

\*及び\*\*の有効数字は定量下限値の最小値の桁までとした

表中の黄色の網掛けは優先取組物質を示す

表4 各調査地点における2023年度調査結果(つづき)

	測定物質	大気汚染防止法第22条に基づく常時監視地点				独自の調査地点	単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 環境基準(指針値)
		池上測定局	大師測定局	中原測定局	多摩測定局	環境総合研究所	
芳香族類	ベンゼン	1.2	1.1	0.62	0.66	1.4	3
	トルエン	6.1	5.4	5.2	9.6	5.2	—
	エチルベンゼン	1.9	1.6	1.3	2.0	1.8	—
	<i>m</i> -キシレン及び <i>p</i> -キシレン	1.7	1.3	1.1	2.8	1.5	—
	スチレン	0.33	0.17	0.12	0.53	0.34	—
	<i>o</i> -キシレン	0.66	0.49	0.41	1.2	0.66	—
	イソプロピルベンゼン	0.063	0.045	0.040	0.063	0.049	—
	<i>n</i> -プロピルベンゼン	0.13	0.10	0.098	0.12	0.097	—
	3-エチルトルエン	0.44	0.33	0.34	0.39	0.31	—
	4-エチルトルエン	0.21	0.16	0.16	0.19	0.16	—
	1,3,5-トリメチルベンゼン	0.19	0.15	0.14	0.18	0.14	—
	2-エチルトルエン	0.19	0.14	0.14	0.17	0.14	—
	1,2,4-トリメチルベンゼン	0.76	0.58	0.60	0.71	0.57	—
	1,2,3-トリメチルベンゼン	0.15	0.11	0.11	0.13	0.11	—
	<i>m</i> -ジエチルベンゼン	0.050	0.033	0.028	0.034	0.029	—
	<i>p</i> -ジエチルベンゼン	0.11	0.07	0.06	0.08	0.06	—
	有機ハロゲン化合物※2	トリクロロエチレン	0.48	0.56	0.70	0.41	1.9
テトラクロロエチレン		0.10	0.22	0.13	0.15	0.22	200
ジクロロメタン		1.7	1.2	1.4	1.1	1.4	150
塩化ビニルモノマー		0.027	0.027	0.020	0.015	0.076	(10)
クロロホルム		0.16	0.16	0.16	0.17	0.20	(18)
1,2-ジクロロエタン		0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	(1.6)
塩化メチル		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	(94)
クロロエタン		0.063	0.085	0.091	0.065	0.064	—
3-クロロ-1-プロペン		* 0.010*	* 0.011*	* 0.006*	* 0.006*	* 0.008	—
1,1-ジクロロエチレン		* 0.008*	* 0.005*	* 0.005*	* 0.005**	* 0.005	—
<i>cis</i> -1,2-ジクロロエチレン		* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02**	* 0.02	—
1,1-ジクロロエタン		* 0.006*	* 0.006*	* 0.006*	* 0.006**	* 0.006	—
<i>cis</i> -1,3-ジクロロプロペン		* 0.03*	* 0.03*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.03	—
<i>trans</i> -1,3-ジクロロプロペン		* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02	—
クロロベンゼン		* 0.01*	* 0.01*	* 0.01*	* 0.01**	* 0.01	—
1,2-ジクロロプロパン		0.032	0.033	0.031	0.035	0.032	—
塩化ベンジル		* 0.01*	* 0.01*	* 0.01*	* 0.01**	* 0.01	—
1,1,2-トリクロロエタン		* 0.01*	* 0.01*	* 0.01*	* 0.01**	* 0.01	—
<i>m</i> -ジクロロベンゼン		* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02**	* 0.02	—
<i>p</i> -ジクロロベンゼン		0.46	0.51	0.46	0.62	0.31	—
<i>o</i> -ジクロロベンゼン		* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02**	* 0.02	—
1,1,2,2-テトラクロロエタン		* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02**	* 0.02	—
1,2,4-トリクロロベンゼン		* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02**	* 0.02	—
ヘキサクロロ-1,3-ブタジエン	* 0.03*	* 0.03*	* 0.03*	* 0.03**	* 0.03	—	
ブロモメタン	0.046	0.040	0.036	0.043	0.038	—	
1,2-ジブロモエタン	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02*	* 0.02**	* 0.02	—	

※2: フロン類を除く

\* : 各平均値が各月の検出下限値の最大未満  
(月測定値の多くが検出下限値未満であることを目安である)  
有効数字は定量下限値の最小値の桁までとした

\*\* : 毎月の測定値がすべて検出下限値未満

\*及び\*\*の有効数字は定量下限値の最小値の桁までとした

表中の黄色の網掛けは優先取組物質を示す

表4 各調査地点における2023年度調査結果(つづき)

大気汚染防止法第22条に基づく常時監視地点						独自の調査地点	単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 環境基準 (指針値)
測定物質	池上測定局	大師測定局	中原測定局	多摩測定局	環境総合研究所		
フロン類	CFC-11	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	—
	CFC-12	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	—
	CFC-113	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	—
	CFC-114	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	—
	1,1,1-トリクロロエタン	* 0.03	* 0.03	* 0.03	* 0.03	* 0.03	—
	四塩化炭素	0.49	0.50	0.50	0.51	0.51	—
	HCFC-22	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	—
	HCFC-142b	0.11	0.10	0.11	0.11	0.10	—
	HCFC-141b	0.24	0.21	0.18	0.17	0.18	—
	HCFC-123	* 0.009	* 0.009	* 0.012	* 0.020	** 0.009	—
	HCFC-225ca	* 0.012	* 0.012	* 0.012	* 0.012	** 0.012	—
	HCFC-225cb	* 0.01	* 0.01	* 0.01	* 0.01	** 0.01	—
	HFC-134a	0.88	0.85	0.81	0.85	0.92	—
	※3	$\alpha$ -ピネン	0.37	0.21	0.14	0.27	0.17
$\beta$ -ピネン		0.069	0.038	0.029	0.058	0.034	—
	アクリロニトリル	* 0.16	* 0.09	* 0.06	* 0.10	0.62	(2)

※3: ピネン類

\* : 年平均値が各月の検出下限値の最大未満  
(月測定値の多くが検出下限値未満であることの見込みである)

\*\* : 毎月の測定値がすべて検出下限値未満

\*及び\*\*の有効数字は定量下限値の最小値の桁までとした

表中の黄色の網掛けは優先取組物質を示す

### 3.2 光化学オキシダント生成に関わる物質群の月ごとの変動

#### 3.2.1 炭化水素全体

調査した95物質のうち光化学オキシダント(以下、Ox)の生成への影響が小さい有機塩素ハロゲン化合物、

フロン類等を除いたアルカン類、アルケン類、シクロアルカン類、芳香族類、ピネン類及びアクリロニトリルに分類される炭化水素56物質の調査結果及び年平均値を図16に、各成分の割合を図17に示す。

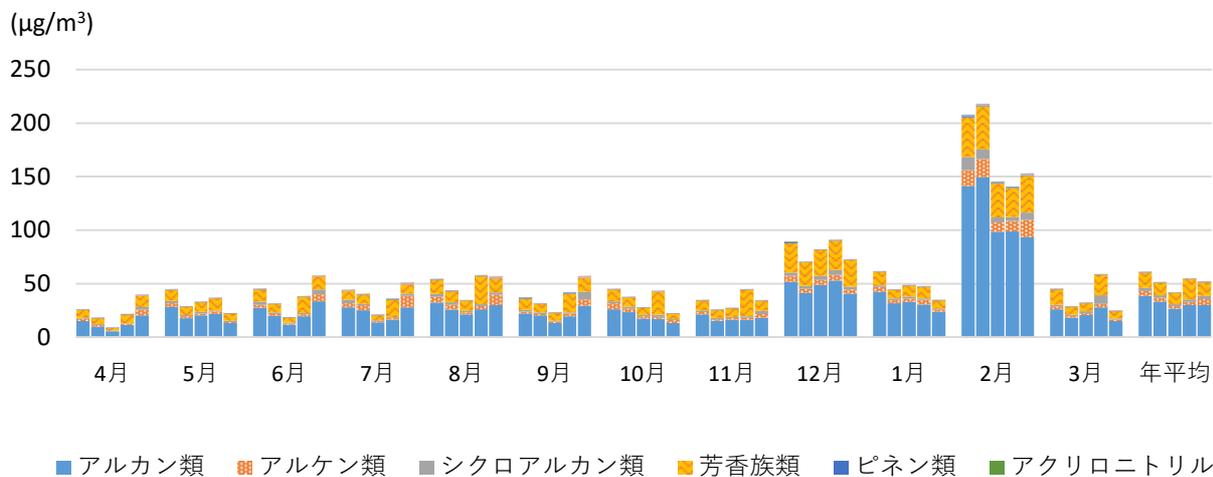


図16 炭化水素6分類の各月の調査結果及び年平均値(左から池上、大師、中原、多摩、環総研)

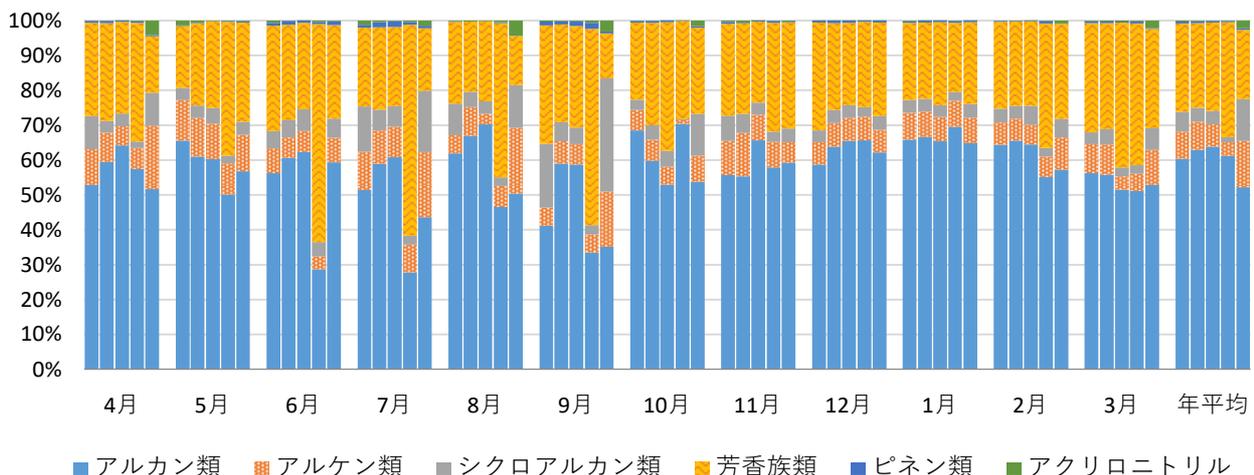


図17 各月及び年平均における炭化水素6分類の割合 (左から池上、大師、中原、多摩、環総研)

56物質の合計濃度は2月が特に高く、次いで12、1月が高く、4月は低くなった。4、6、9月は他の地点と比較し、環総研で濃度が高くなった。

2023年度は調査日と関東域での光化学スモッグ注意報発令日が重なることはなかった。

各月の炭化水素6分類の割合をみると、多摩を除き、概ね濃度に関わらずアルカン類が50~60%、芳香族類が30~20%を占めており、炭化水素の過半を占めていた。また、全地点において、8、9月にピネン類の割合が他の月に比べて増加していた。ピネン類は植物由来のVOCとされていることから<sup>14)</sup>、夏季に植物の成長とともに排出が増加したと考えられる。多摩は7~11月に芳香族類が50%前後を占めていたが、そのほとんどはトルエンであった。多摩の芳香族類は年平均においても他地点と比較して高い割合であったことから、測定局近傍の発生源の存在が示唆された。年平均において環総研のアクリロニトリルの割合が他地点と比較して高かったことから、排出源が近傍に位置していることが示唆された。

### 3.2.2 アルカン類

アルカン類23物質の調査結果を図18に、各成分の割合を図19に示す。合計濃度の年平均値は地点による大きな差はないものの、高い方から池上、大師、環総研、多摩、中原の順であった。2月には全地点で高濃度となり、12月、1月が次に高くなった。

アルカン類の多くを占めた上位5物質はプロパン、イソブタン、*n*-ブタン、イソペンタン、*n*-ペンタンであった。この傾向は2021年度の調査と同様の結果であった<sup>2)</sup>。プロパンは12~2月に濃度割合が上昇しており、冬季のプロパンガスの使用量の増加も要因の一つではないかと推測された。イソペンタンの濃度割合は多くの月で10%前後であったが、8月に15%前後と増加していた。10月の多摩は他地点や多摩の他月の結果と比較して特徴的であり、*n*-デカンの占める割合が増加していたが、原因は不明である。

### 3.2.3 アルケン類

アルケン類10物質の調査結果を図20に、各成分の割合を図21に示す。アルケン類の合計濃度の年平均値は、環総研が最も高く、中原が最も低かった。年平均値で最も濃度が高い物質はプロピレンであり、1-ブテンと合わせると全体の70%程度であったが、調査月によっては臨海工業地域に位置する池上、大師、環総研で1,3-ブタジエンの割合が大きい月もあった。特に4月は池上と大師で50%近くも占めていた。7、8月にもこの2地点で割合が上昇していた。4、7、8月はいずれも大師における主風向がSW~SSWであったことから(図2)、同じ発生源の影響を受けている可能性が考えられる。

環総研は4月、6月~9月に他地点と比較してアルケン類の濃度が高くなっており、2021年度、2022年度に引き続き<sup>2,12)</sup>、アルケン類の濃度が高濃度になりやすい特徴がみられた。

多摩では他地点に比べてイソプレンの占める割合が多く、6~11月及び3月は顕著であった。イソプレンは植物由来のVOCとされており<sup>14)</sup>、多摩は他の地点と比較すると周辺に植物が多い地点であることから、それが影響していると考えられる。

### 3.2.4 シクロアルカン類

シクロアルカン類4物質の調査結果を図22に、各成分の割合を図23に示す。池上でシクロペンタンが、環総研でシクロヘキサンが他の地点と比較して濃度が高くなりやすい傾向がみられた。特に環総研のシクロヘキサンは高濃度になることがあり、特徴的であった。4、6、9月の各成分の割合が同様の傾向を示しており、図2の風配図より、SSWの風向頻度が高いときにこの傾向がみられるため、臨海部の発生源の影響を受けている可能性がある。

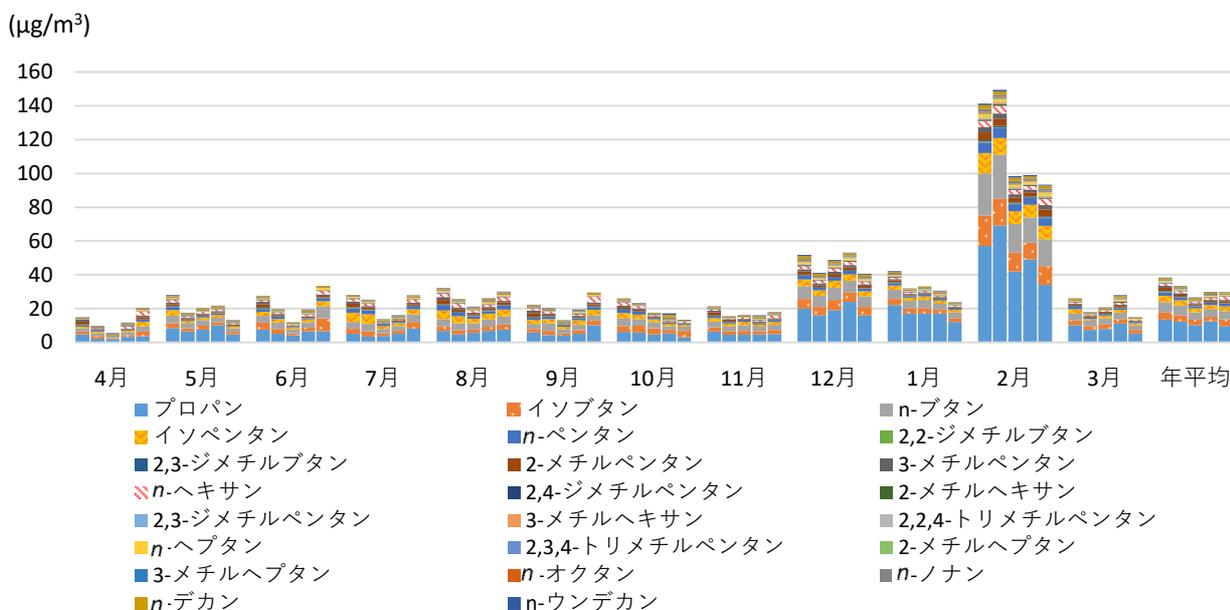


図18 アルカン類23物質の各月の調査結果及び年平均値（左から池上、大師、中原、多摩、環総研）

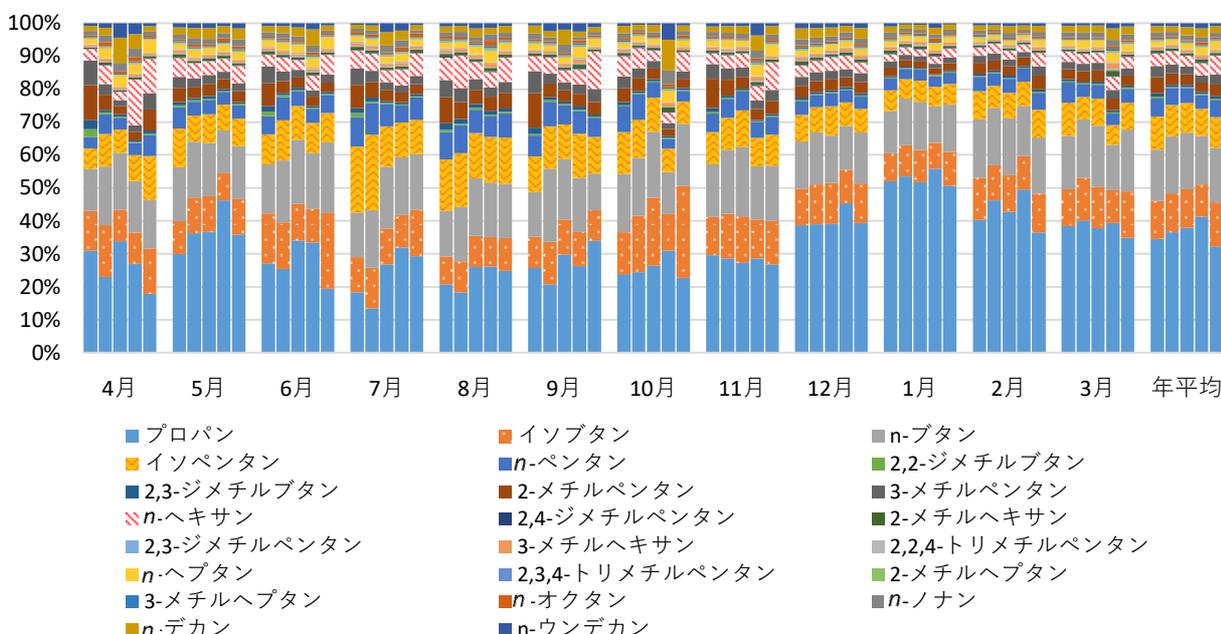


図19 各月及び年平均におけるアルカン類23物質の割合（左から池上、大師、中原、多摩、環総研）

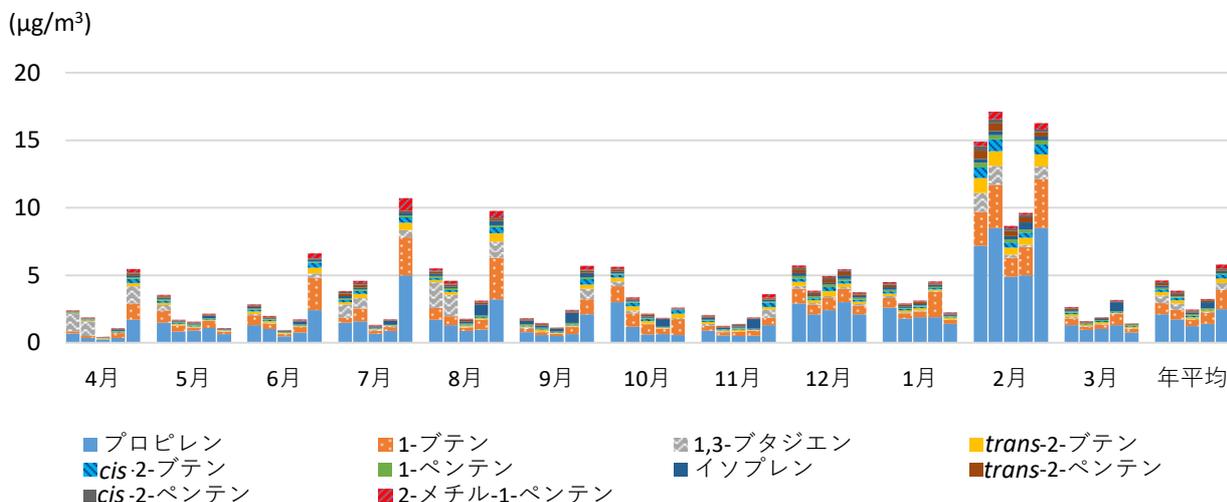


図20 アルケン類10物質の各月の調査結果及び年平均値（左から池上、大師、中原、多摩、環総研）

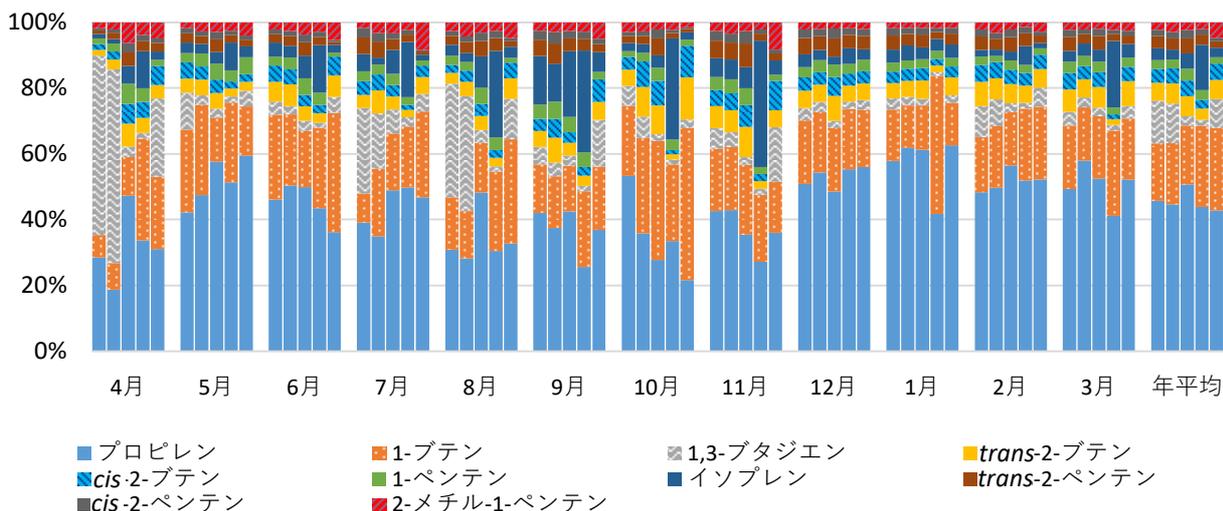


図 21 各月及び年平均におけるアルケン類 10 物質の割合 (左から池上、大師、中原、多摩、環総研) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

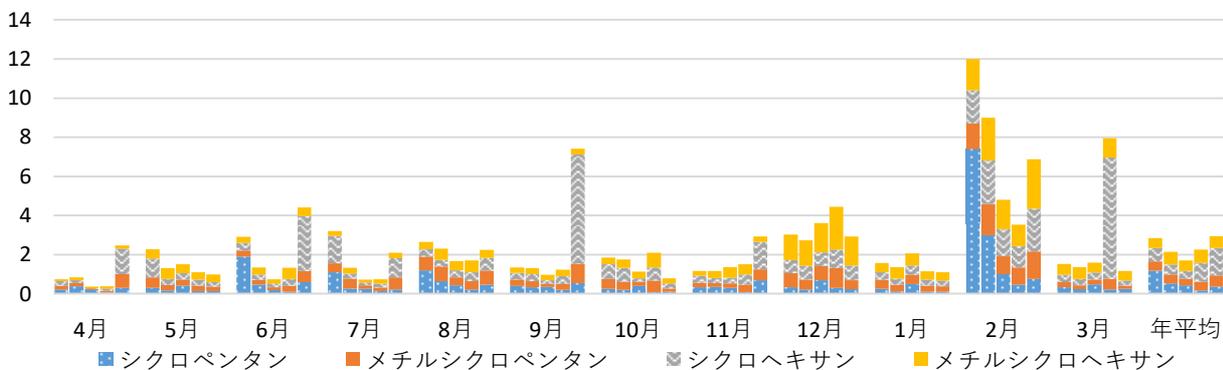


図 22 シクロアルカン類 4 物質の各月の調査結果及び年平均値 (左から池上、大師、中原、多摩、環総研)

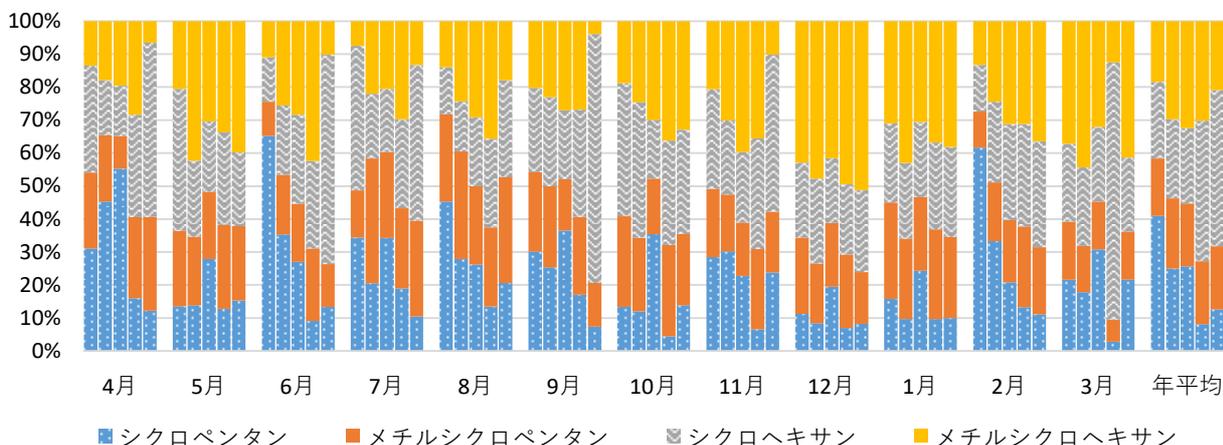


図 23 各月及び年平均におけるシクロアルカン類 4 物質の割合 (左から池上、大師、中原、多摩、環総研)

### 3.2.5 芳香族類

芳香族類 16 物質の調査結果を図 24 に、各成分の割合を図 25 に示す。

芳香族類の年平均値の合計値は、多摩が最も高かった。7～10 月及び 3 月は多摩が他地点に比べ濃度が高くなった。12 月と 2 月は全ての地点で濃度が高くなった。年平均値で最も濃度が高い物質はトルエンであり、

全地点で共通していた。

5 月を除いた 4～9 月にベンゼンが池上及び大師並びに環総研の臨海部の調査地点で他の 2 地点と比較して高くなる傾向がみられた。これらの月は大師において SW～SSW の風向頻度が高く、同一方向の発生源の影響を受けたと考えられる。

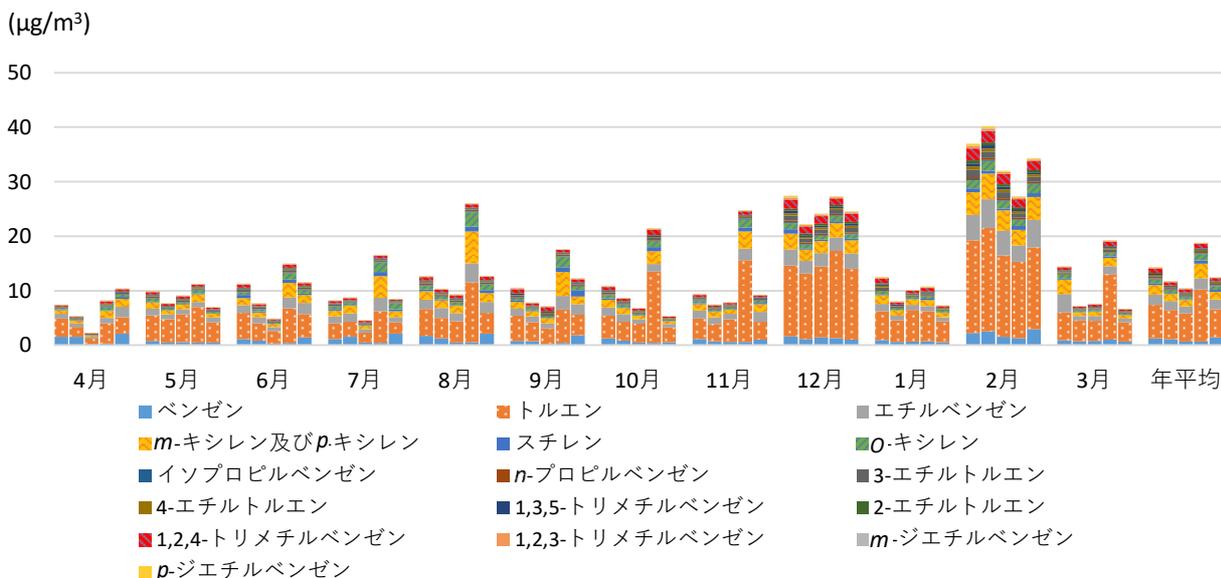


図24 芳香族類16物質の各月の調査結果及び年平均値（左から池上、大師、中原、多摩、環総研）

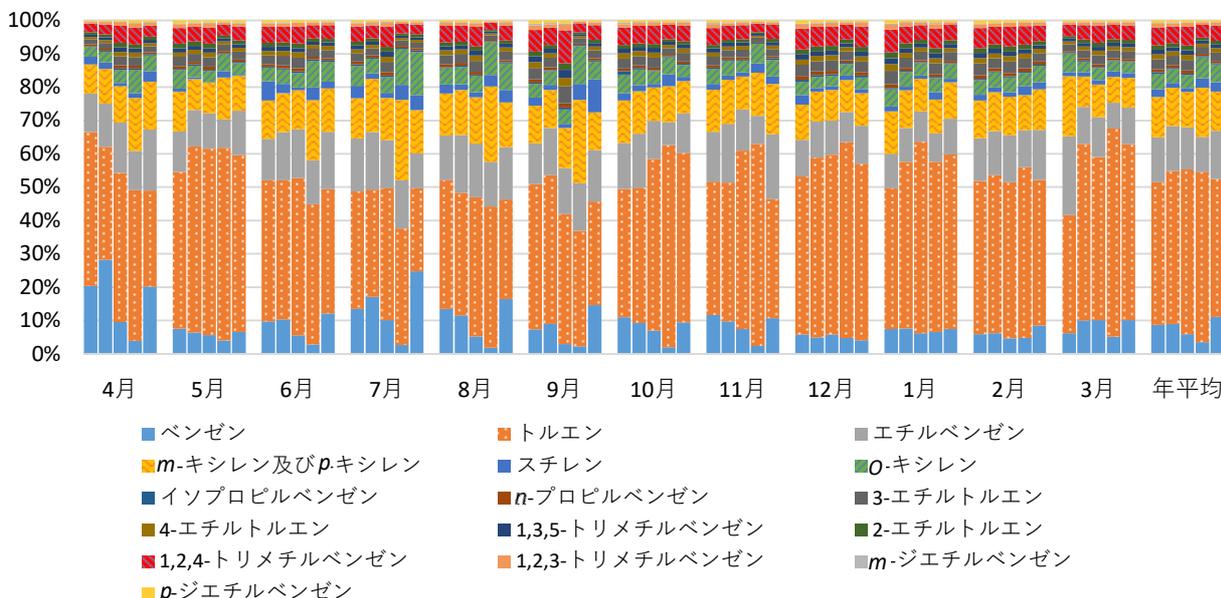


図25 各月及び年平均における芳香族類16物質の割合（左から池上、大師、中原、多摩、環総研）

### 3.2.6 ピネン類

ピネン類は植物由来のVOCとされている物質である<sup>14)</sup>。ピネン類2物質の調査結果を図26に示した。夏季である8、9月と2月に濃度が上昇した。2022年度と

異なり<sup>12)</sup>、年平均値では池上が一番高く、次いで多摩となったが、すべての地点で他の炭化水素濃度と比較して濃度が低かった。

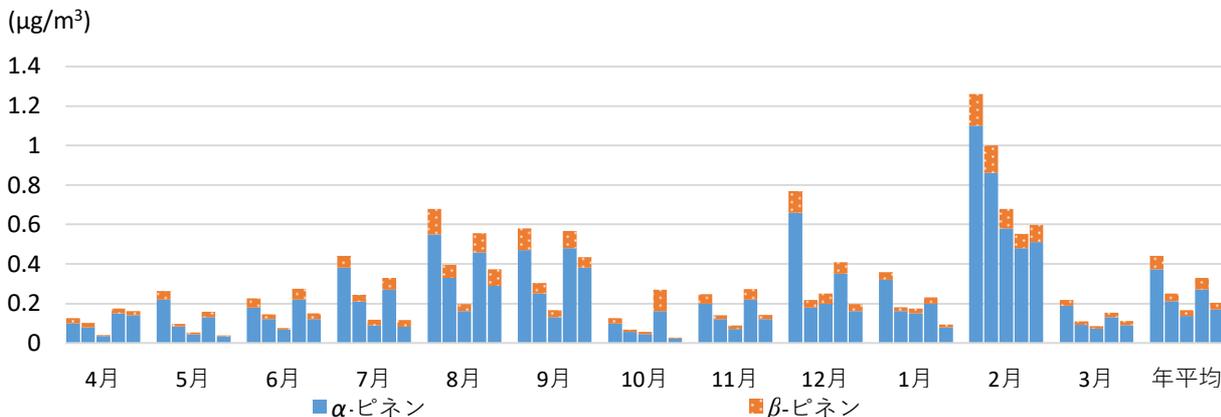


図26 ピネン類2物質の各月の調査結果及び年平均値の割合（左から池上、大師、中原、多摩、環総研）

### 3.2.7 アクリロニトリル

アクリロニトリルの調査結果を図 27 に示した。アクリロニトリルは環総研が他調査地点に比べ高くなる傾向がみられた。4、6～9、2月が他月に比較して高

濃度になり、8、9月がピークとなった。5月の池上と環総研を除く地点では他の炭化水素濃度と比較して濃度が低かった。

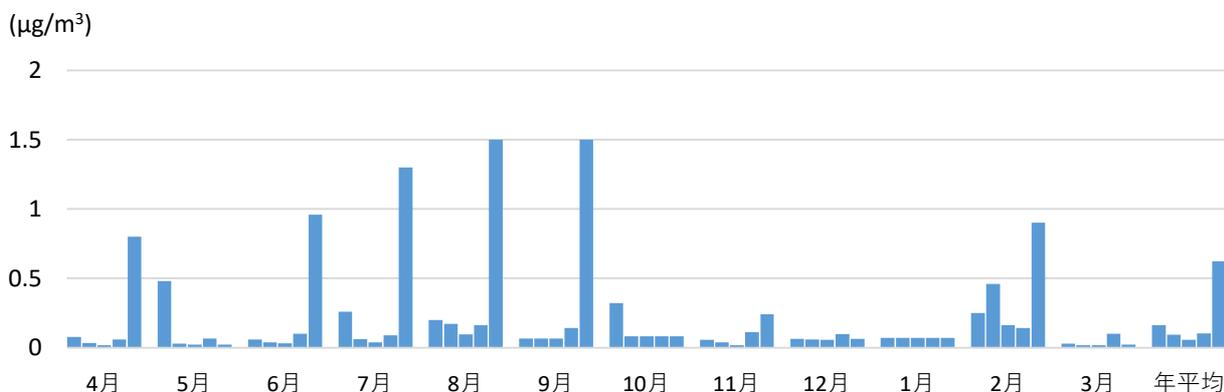


図 27 アクリロニトリルの各月の調査結果及び年平均値の割合（左から池上、大師、中原、多摩、環総研）

### 3.3 大気常時監視との比較

今回調査した炭化水素 6 分類と常時監視局の監視項目との関係性を確認するため、表 5 に相関係数をまとめた。Ox、窒素酸化物（以下、NOx）及び NMHC の平均値は 2 日間に跨る調査期間中の 1 時間値を用い、Ox の最大値は試料採取開始前及び終了後の時間も含めた 2 日間の内、1 時間値の最大値を用いた。

炭化水素と Ox の関係は、2021 年度の結果では Ox 最大値の方が炭化水素と相関係数が正に大きくなる傾向がみられたが、2022 年度、2023 年度ともにその傾向は見られなかった<sup>2,12)</sup>。図 28 に各月の Ox 最大値とそれぞれの炭化水素濃度について散布図を示す。2023 年度は光化学スモッグ注意報の発令日と調査日が重なることがなく、2021 年度や 2022 年度にみられた Ox 最大値が高いときに炭化水素濃度も高くなるというような傾向<sup>2,12)</sup>は見られなかった。2 月に炭化水素が高濃度となったものの、冬季は Ox 生成の気象的要因である気温や日射量が夏季に比べて低く、注意報が発令されるような高濃度まで Ox 濃度が上昇することは少ない。このため、2021 年と比較して Ox 最大値と炭化水素濃度の相関が低かったと考えられる。

Ox の原因物質である NOx 平均値との相関は多摩と環総研のシクロアルカン類、多摩の芳香族及びピネン類、池上、多摩、環総研のアクリロニトリルを除いた炭化水素で正の相関がみられた。特にアルカン類、アルケン類は 5 地点で強い正の相関が見られた。アルケン類はこれまでの調査から Ox 生成に大きく影響している可能性が示唆されており、気象の条件が揃えば Ox が高濃度となる可能性もあることから今後も炭化水素濃度と NOx 濃度について、注視していく必要がある。

### 4 まとめ

環境基準及び指針値が設定されている物質について、2023 年度は全調査地点で環境基準を達成または指針値に適合していた。固定発生源周辺に位置する池上、大師及び環総研においては、2023 年度は減少傾向にあったものの、依然としてベンゼンの年平均値が他の調査地点と比較して高く、今後の動向を注視していく必要がある。今後も固定発生源及び移動発生源の影響も考慮しながら、調査対象物質の追加や変更などの検討を適宜行いつつ、継続して調査を行う。また、これまでに得られた調査結果についても、環境リスク評価に利用する等、行政施策立案の基礎資料として活用していく。

2023 年度に市内 5 地点で調査を実施した VOC 95 物質のうち、アルカン類、アルケン類、シクロアルカン類、芳香族類、ピネン類、アクリロニトリルに該当する炭化水素 56 物質について各月の調査結果と年平均値をみると、炭化水素 56 物質の合計濃度は 2 月が特に高く、次いで 12、1 月が高く、4 月は低くなった。炭化水素の割合を 6 つの分類で見ると、全体の濃度の高低に関わらずほとんどの試料でアルカン類と芳香族類が大部分を占めていた。調査地点 5 地点のうち、多摩は芳香族類が高濃度に、環総研はアルケン類及びシクロアルカン類が高濃度となることがあるという特徴がみられた。ピネン類は調査地点周辺に比較的樹木が多い多摩で濃度が高くなる傾向はみられたが、他の炭化水素濃度と比較すると低濃度であった。今回の調査結果と常時監視局の Ox 濃度を比較したが、相関関係は見られなかった。2 月に炭化水素濃度が高くなったが Ox 最大値は上がらなかった。Ox 生成には原因物質のほか気象条件がそろったときに高濃度となる傾向にあり、夏季に比べて冬季は気温や日射量が低いことが影響したと考

えられる。

依然として炭化水素とOx生成の関係性を評価できるほどのデータ数がないことから、今後も継続して調査を実施し、炭化水素とOxの関係について確認していく必要がある。

#### 文献

- 1) 環境省：有害大気汚染物質測定方法マニュアル (2019)
- 2) 重水洋平、沼田和也、菊地美加、今村則子：川崎市における大気中炭化水素の調査結果 (2021年度)、川崎市環境総合研究所年報、第10号、35～46 (2022)
- 3) 環境省：有害大気汚染物質モニタリング地点選定ガイドライン (2013)
- 4) 藤田一樹、福永顕規、西村和彦、原美由紀：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2014年度)、川崎市環境総合研究所年報、第3号、26～32 (2015)
- 5) 藤田一樹、福永顕規、関昌之、原美由紀：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2015年度)、川崎市環境総合研究所年報、第4号、31～37 (2016)
- 6) 藤田一樹、福永顕規、関昌之、井上雄一：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2016年度)、川崎市環境総合研究所年報、第5号、38～44 (2017)
- 7) 金井正和、福永顕規、時岡泰孝、井上雄一：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2017年度)、川崎市環境総合研究所年報、第6号、32～38 (2018)
- 8) 金井正和、福永顕規、時岡泰孝、井上雄一：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2018年度)、川崎市環境総合研究所年報、第7号、33～39 (2019)
- 9) 重水洋平、金井正和、時岡泰孝、喜内博子：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2019年度)、川崎市環境総合研究所年報、第8号、40～43 (2020)
- 10) 重水洋平、金井正和、菊地美加、今村則子：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2020年度)、川崎市環境総合研究所年報、第9号、28～34 (2021)
- 11) 野村あづみ、重水洋平、沼田和也、菊地美加、今村則子：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2021年度)、川崎市環境総合研究所年報、第10号、56～61 (2022)
- 12) 野村あづみ、沼田和也、重水洋平、菊地美加、関昌之：川崎市における大気中揮発性有機化合物調査結果 (2022年度)、川崎市環境総合研究所年報、第11号、60～78 (2023)
- 13) 環境省：令和4年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書 (2024)
- 14) 横内陽子：(3)VOC類、大気環境学会誌、44巻6号、348B～350 (2009)
- 15) William P.L. Carter, Updated Maximum Incremental Reactivity Scale and Hydrocarbon Bin Reactivities for Regulatory Applications, (2010)

表5 炭化水素6種類と常時監視局の測定値の相関係数

		O <sub>x</sub> 最大値			O <sub>x</sub> 平均値			NO <sub>x</sub> 平均値			NMHC平均値		
		大師	中原	多摩	大師	中原	多摩	大師	中原	多摩	大師	中原	多摩
池上	アルカン類	-0.15	-0.16	-0.20	-0.54	-0.57	-0.64	0.99	0.97	0.93	-0.08	-0.25	-0.18
	アルケン類	-0.12	-0.14	-0.10	-0.53	-0.53	-0.42	0.95	0.93	0.89	0.00	-0.22	-0.11
	シクロアルカン類	-0.01	0.00	0.41	-0.41	-0.41	-0.04	0.97	0.90	0.84	-0.11	-0.35	-0.24
	芳香族類	-0.28	-0.26	-0.28	-0.65	-0.71	-0.71	0.93	0.95	0.98	0.09	0.07	0.06
	ピネン類	-0.39	-0.36	-0.49	-0.76	-0.73	-0.70	0.89	0.84	0.89	0.21	0.05	0.14
	アクリロニトリル	0.56	0.44	0.46	0.13	0.06	0.26	0.15	0.16	0.08	0.12	-0.14	-0.07
	炭化水素合計	-0.17	-0.17	-0.20	-0.57	-0.59	-0.67	0.99	0.97	0.95	-0.04	-0.20	-0.14
大師	アルカン類	-0.17	-0.17	-0.28	-0.53	-0.53	-0.64	0.99	0.95	0.90	-0.12	-0.31	-0.23
	アルケン類	-0.13	-0.13	-0.11	-0.47	-0.45	-0.18	0.98	0.91	0.84	-0.10	-0.35	-0.21
	シクロアルカン類	-0.18	-0.18	-0.29	-0.54	-0.55	-0.72	0.99	0.93	0.90	-0.11	-0.30	-0.20
	芳香族類	-0.21	-0.20	-0.22	-0.60	-0.62	-0.62	0.97	0.95	0.95	0.04	-0.09	0.00
	ピネン類	-0.28	-0.26	-0.49	-0.59	-0.54	-0.48	0.94	0.84	0.82	-0.09	-0.34	-0.19
	アクリロニトリル	-0.23	-0.22	-0.41	-0.55	-0.51	-0.46	0.94	0.85	0.82	-0.11	-0.38	-0.22
	炭化水素合計	-0.18	-0.18	-0.27	-0.54	-0.55	-0.64	1.00	0.95	0.91	-0.09	-0.28	-0.18
中原	アルカン類	-0.23	-0.25	-0.33	-0.63	-0.68	-0.74	0.97	0.99	0.98	-0.01	-0.08	-0.07
	アルケン類	-0.26	-0.28	-0.34	-0.65	-0.71	-0.71	0.95	0.99	0.98	0.04	-0.01	-0.01
	シクロアルカン類	-0.30	-0.32	-0.37	-0.72	-0.80	-0.79	0.89	0.96	0.99	0.11	0.16	0.11
	芳香族類	-0.28	-0.29	-0.31	-0.70	-0.77	-0.77	0.91	0.94	0.98	0.15	0.13	0.14
	ピネン類	-0.33	-0.32	-0.61	-0.67	-0.66	-0.81	0.98	0.94	0.92	-0.02	-0.19	-0.10
	アクリロニトリル	-0.38	-0.39	-0.49	-0.72	-0.65	-0.60	0.82	0.77	0.77	0.16	-0.14	-0.01
	炭化水素合計	-0.25	-0.26	-0.33	-0.66	-0.71	-0.76	0.96	0.99	0.99	0.03	-0.02	-0.01
多摩	アルカン類	-0.23	-0.23	-0.32	-0.63	-0.67	-0.74	0.98	0.98	0.98	-0.01	-0.08	-0.07
	アルケン類	-0.33	-0.34	-0.50	-0.71	-0.75	-0.81	0.95	0.99	0.98	0.02	-0.02	-0.05
	シクロアルカン類	-0.26	-0.28	-0.26	-0.33	-0.42	-0.37	0.26	0.36	0.46	-0.25	0.45	-0.25
	芳香族類	-0.50	-0.46	-0.40	-0.69	-0.65	-0.61	0.49	0.47	0.60	0.10	0.31	0.24
	ピネン類	-0.56	-0.48	-0.51	-0.75	-0.61	-0.56	0.54	0.42	0.52	0.35	0.11	0.26
	アクリロニトリル	-0.55	-0.45	-0.48	-0.67	-0.54	-0.53	0.42	0.29	0.44	0.03	0.01	-0.01
	炭化水素合計	-0.33	-0.32	-0.42	-0.70	-0.74	-0.80	0.94	0.95	0.97	0.00	0.02	-0.03
環総研	アルカン類	-0.20	-0.14	-0.13	-0.51	-0.48	-0.36	0.96	0.88	0.85	0.01	-0.26	-0.08
	アルケン類	-0.11	-0.04	0.03	-0.27	-0.14	0.22	0.80	0.63	0.51	-0.02	-0.41	-0.11
	シクロアルカン類	-0.34	-0.22	-0.20	-0.39	-0.29	-0.15	0.54	0.35	0.36	-0.03	-0.33	-0.14
	芳香族類	-0.29	-0.22	-0.24	-0.59	-0.59	-0.53	0.90	0.84	0.88	0.15	-0.02	0.15
	ピネン類	-0.51	-0.43	-0.57	-0.66	-0.55	-0.48	0.74	0.58	0.63	-0.01	-0.26	-0.09
	アクリロニトリル	-0.16	-0.05	-0.09	-0.09	0.12	0.14	0.16	-0.06	-0.13	0.15	-0.28	0.02
	炭化水素合計	-0.23	-0.16	-0.17	-0.52	-0.47	-0.33	0.94	0.83	0.82	0.04	-0.25	-0.04

青は相関係数が-0.5以下、赤は相関係数が0.5以上を示す

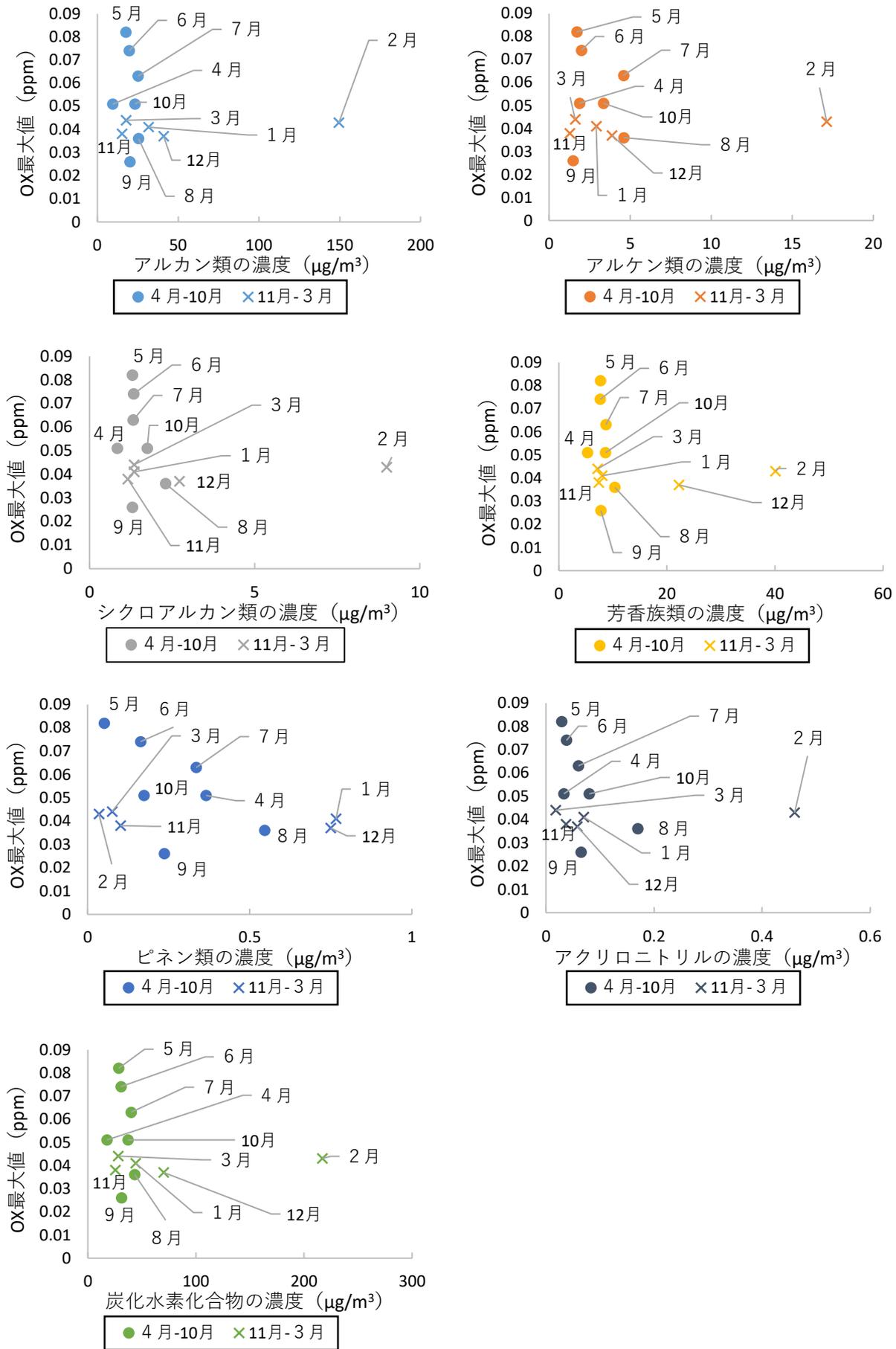


図28 大師における炭化水素5種類と調査日のOXの最大値の関係

調査日のOXの最大値は、光化学スモッグ注意報発令対象期間の4月-10月とそれ以外の11月-3月に分けて表示した。