

植物起源 VOC 環境調査結果について

1．はじめに

植物起源 VOC(BVOC)排出量の実態は未解明な点が多く、まずは測定データの蓄積が重要である。このため、排出インベントリの精緻化に資することを目的として、植物起源 VOC 排出量の精緻化のための環境調査を実施した。

2．調査概要

表 1 に調査の概要を示す。調査対象地域は、市街地と山間部が比較的明瞭に区別できる点や、これまで大気シミュレーションの実績が多く、実測値との比較がしやすいなどの点から、関東地域を調査対象地域として選定した。調査地点数は、山間部 1 地点、市街地 1 地点の計 2 地点とし、山間部については、日本国内の総葉重量の約 60%を占めると言われているスギ・ヒノキが優占種になっている森林近傍とした(図 2)。市街地については、周辺環境に住宅地・商業地・緑地が混在している地域から選定した。調査地点位置図を図 3、現地写真を図 4 に示す。

表 1 調査概要(平成 24 年度)

項目	内容	備考
調査地点	2 地点	山間部 1 地点(群馬県:林木育種場) 市街地 1 地点(埼玉県:さいたま市役所)
調査回数	2 回	秋季 10 日間 冬季 10 日間
調査項目	植物起源 VOC の成分	イソプレン テルペン類(α -ピネン、 β -ピネン、リモネン、カンフェン、p-シメン)
捕集方法	キャニスターによる試料採取	5 日間:24 時間採取(9 時-翌 9 時) 5 日間:昼夜別採取(9 時-17 時、17 時-翌 9 時) 1 地点 1 回あたり 15 試料
分析方法	ガスクロマトグラフ質量分析計により定量	

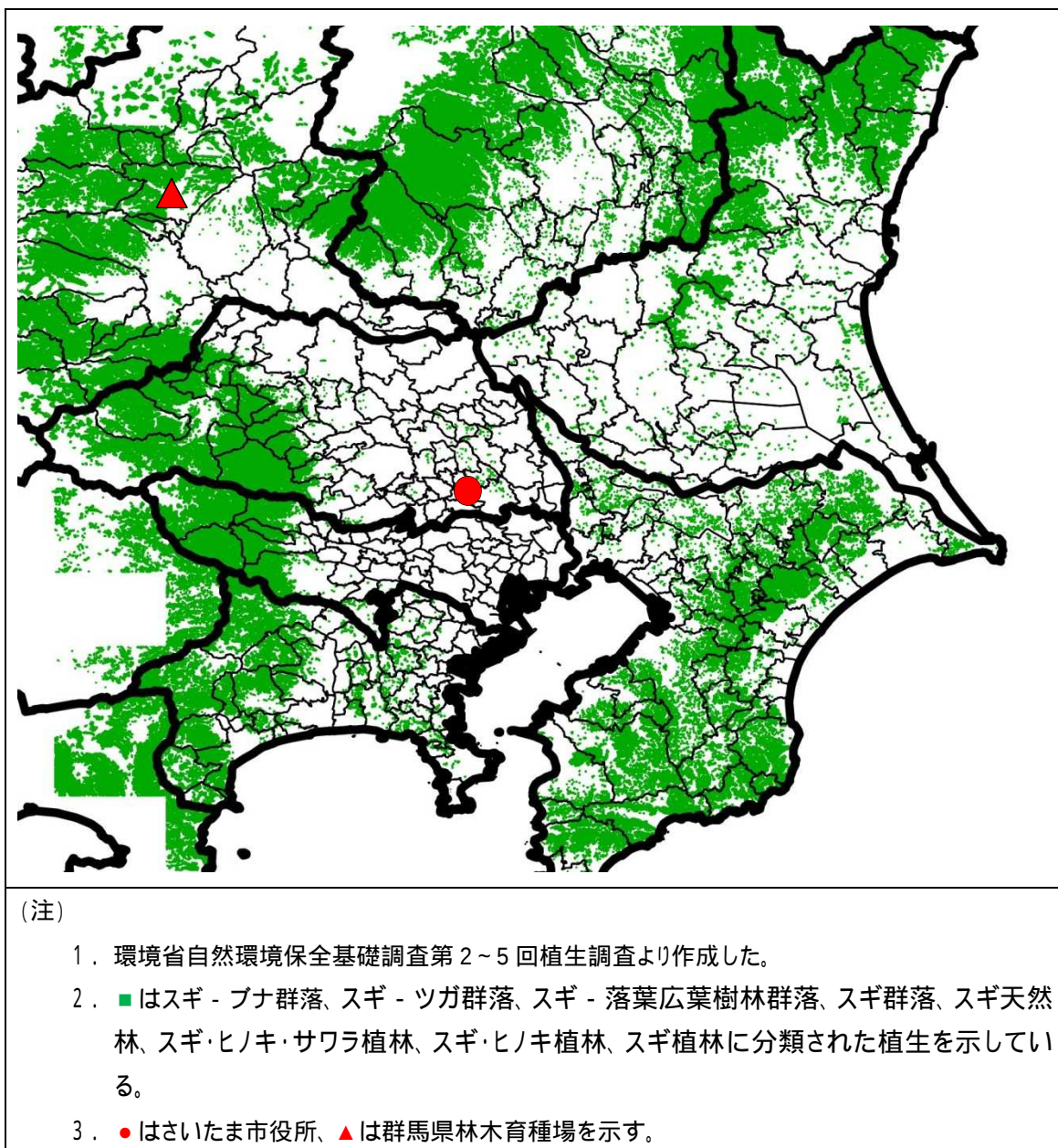


図1 関東地方のスギ分布

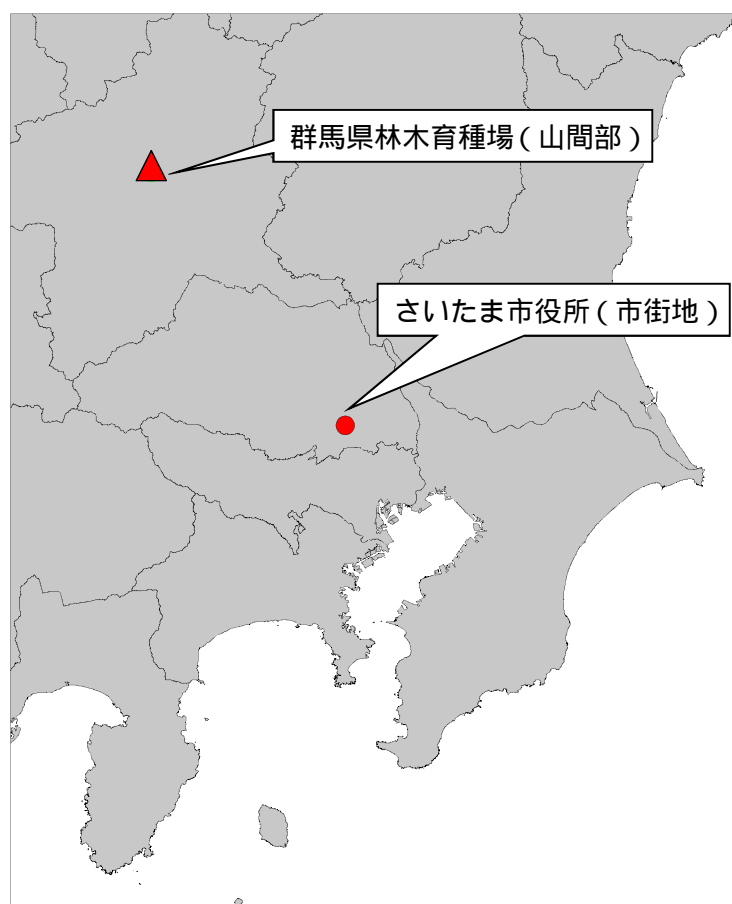


図3 植物起源 VOC 環境調査地点位置図



図4 植物起源 VOC 環境調査地点写真(左図:群馬県林木育種場 右図:さいたま市役所)

3. 調査結果

秋季および冬季の調査期間は以下の通りとした。調査期間中の 24 時間採取、昼夜別採取の設定は表 2 に示す。また、観測期間中の現場の状況を図 5 に示す。

秋季：平成 24 年 11 月 20 日～29 日

冬季：平成 25 年 1 月 25 日～2 月 3 日

表 2(1) 調査工程(秋季)

作業内容	捕集期間										
	1 日 目	2 日 目	3 日 目	4 日 目	5 日 目	6 日 目	7 日 目	8 日 目	9 日 目	10 日 目	
工程	20 日 (火)	21 日 (水)	22 日 (木)	23 日 (金)	24 日 (土)	25 日 (日)	26 日 (月)	27 日 (火)	28 日 (水)	29 日 (木)	30 日 (金)
24 時間(9 時-翌 9 時)	→	→	→	→	→						
日中 (9 時-17 時)						→	→	→	→	→	
夜間 (17 時-翌 9 時)						→	→	→	→	→	→

表 2(2) 調査工程(冬季)

作業内容	捕集期間										
	1 日 目	2 日 目	3 日 目	4 日 目	5 日 目	6 日 目	7 日 目	8 日 目	9 日 目	10 日 目	
工程	25 日 (金)	26 日 (土)	27 日 (日)	28 日 (月)	29 日 (火)	30 日 (水)	31 日 (木)	2 月 1 日 (金)	2 日 (土)	3 日 (日)	4 日 (月)
24 時間(9 時-翌 9 時)	→	→	→						→	→	→
日中 (9 時-17 時)				→	→	→	→	→			
夜間 (17 時-翌 9 時)				→	→	→	→	→	→		

秋季・冬季の BVOC 濃度の調査結果を図 6 に示す。また、季節別に平均濃度を比較した結果を図 7、成分間の相関係数を表 3 に整理した。

	さいたま市役所	群馬県林木育種場
秋 季		
冬 季		

図5 観測中の現場の状況(左図:さいたま 右図:渋川 上図:秋季 下図:冬季)

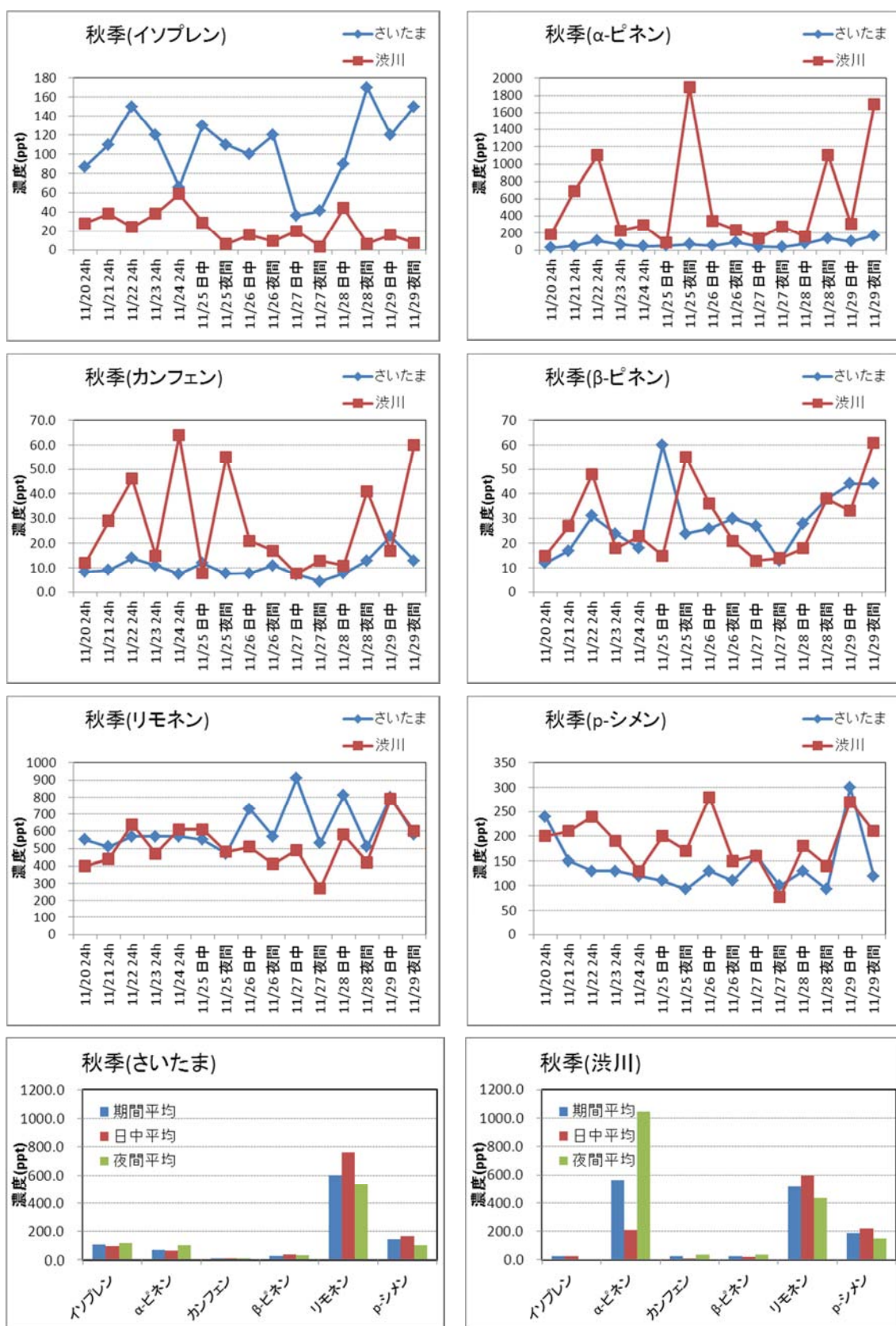


図 6(1) BVOC 環境濃度調査結果(秋季)

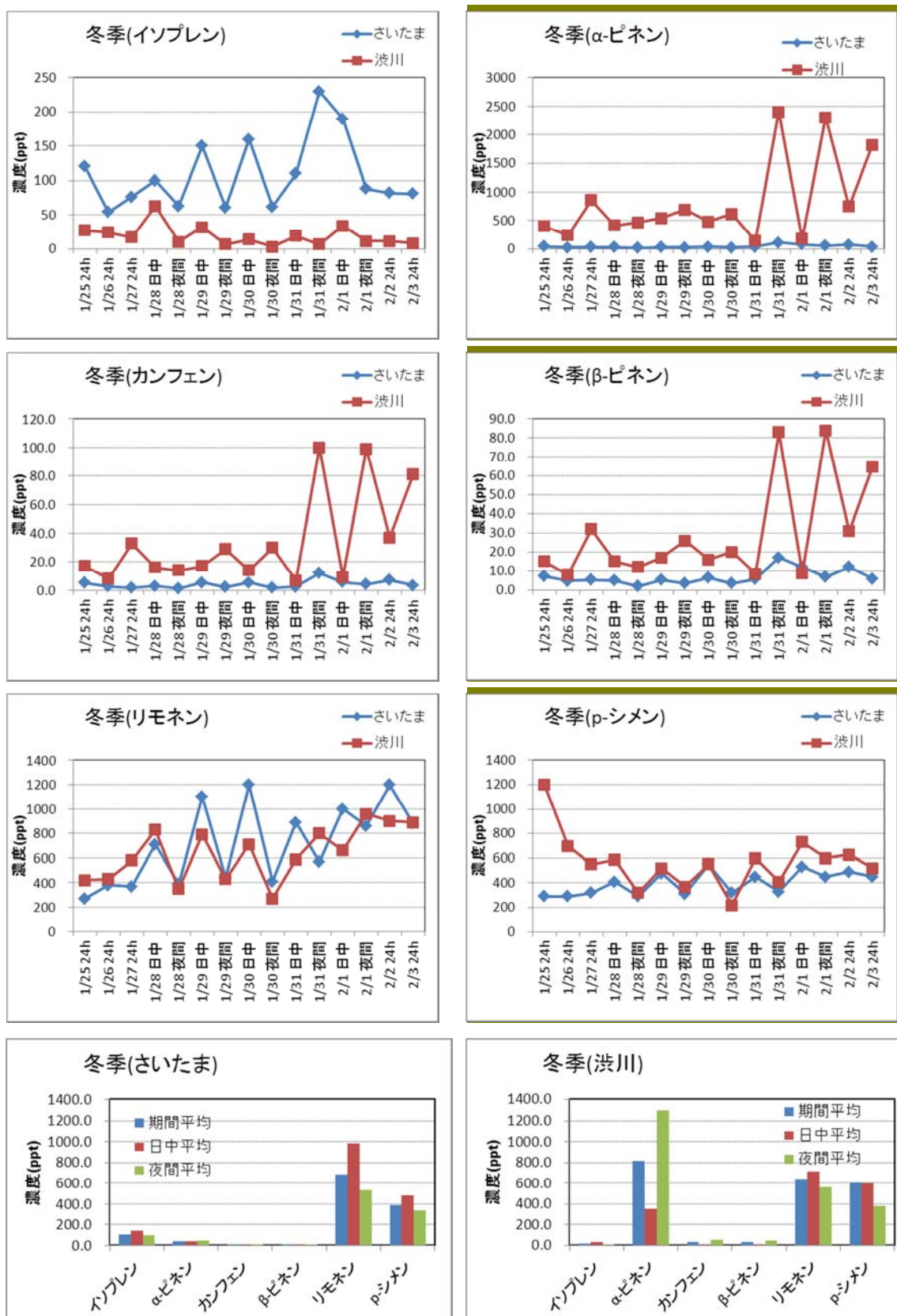


図 6(2) BVOC 環境濃度調査結果(冬季)

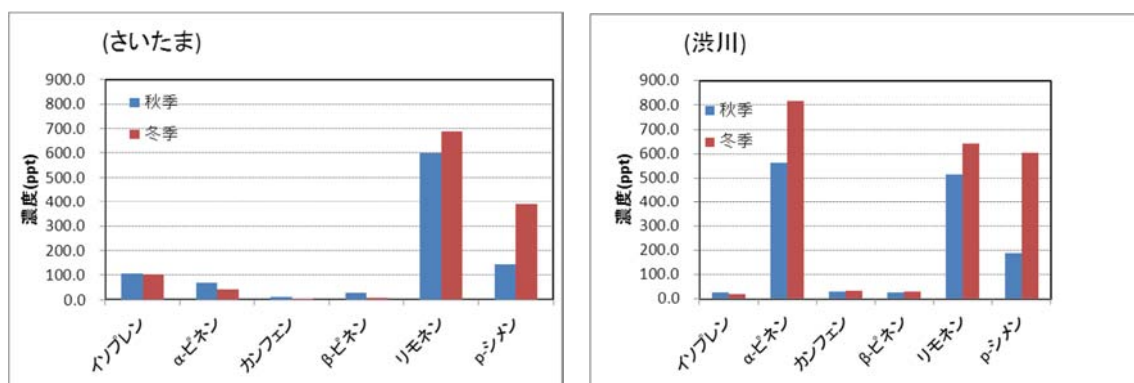


図 7 BVOC 環境濃度調査結果(季節別平均濃度)

表 3(1) 成分間の相関係数(秋季 - さいたま)

さいたま(秋季)

	イソプレン	α-ピネン	カンフェン	β-ピネン	リモネン	p-シメン
イソプレン	1.000					
α-ピネン	0.779	1.000				
カンフェン	0.630	0.590	1.000			
β-ピネン	0.592	0.560	0.642	1.000		
リモネン	-0.389	-0.090	0.146	0.134	1.000	
p-シメン	-0.105	-0.119	0.554	0.002	0.440	1.000

表 3(2) 成分間の相関係数(秋季 - 渋川)

渋川(秋季)

	イソプレン	α-ピネン	カンフェン	β-ピネン	リモネン	p-シメン
イソプレン	1.000					
α-ピネン	-0.445	1.000				
カンフェン	0.010	0.771	1.000			
β-ピネン	-0.416	0.919	0.765	1.000		
リモネン	0.289	0.060	0.223	0.323	1.000	
p-シメン	0.048	0.065	-0.051	0.361	0.631	1.000

表 3(3) 成分間の相関係数(冬季 - さいたま)

さいたま(冬季)						
	イソブレン	α -ピネン	カンフェン	β -ピネン	リモネン	p-シメン
イソブレン	1.000					
α -ピネン	0.737	1.000				
カンフェン	0.810	0.894	1.000			
β -ピネン	0.753	0.980	0.929	1.000		
リモネン	0.387	0.284	0.364	0.331	1.000	
p-シメン	0.416	0.264	0.285	0.297	0.967	1.000

表 3(4) 成分間の相関係数(冬季 - 渋川)

渋川(冬季)						
	イソブレン	α -ピネン	カンフェン	β -ピネン	リモネン	p-シメン
イソブレン	1					
α -ピネン	-0.438	1.000				
カンフェン	-0.448	0.994	1.000			
β -ピネン	-0.428	0.996	0.996	1.000		
リモネン	0.196	0.547	0.550	0.582	1.000	
p-シメン	0.426	-0.229	-0.211	-0.189	0.091	1.000

(1) 地点間の濃度比較

イソブレンは秋季・冬季ともにさいたまの方が渋川と比較して、すべてのサンプルで高濃度であった。一方、 α -ピネン、カンフェン、 β -ピネン(冬季)は、渋川の方が高濃度であった。また、リモネン、p-シメンは両地点で同程度の濃度であった。特に、冬季については、これらの成分については濃度変動も両地点でほぼ一致していた。このことから、さいたまは、人為起源も含め、イソブレン発生源の影響が渋川よりも大きく、一方で渋川はピネン、カンフェンの発生源(近傍のスギ林)の影響を強く受けているものと考えられる。また、冬季のリモネン、p-シメンについて、さいたま・渋川の両地点で共通の発生源の寄与を受けている可能性が考えられる。

- さいたまの方が高濃度の成分は、イソブレン
- 渋川の方が高濃度の成分は、 α -ピネン、カンフェン
- 両地点で濃度差が小さい成分は、リモネン、p-シメン

(2) 昼夜別の濃度変動

リモネン、p-シメンは、さいたま・渋川ともに日中の方が夜間よりも濃度が高かった。一方で、 α -ピネン、 β -ピネン、カンフェンは、渋川では夜間の方が高濃度であった。これらの物質はさいたまでは濃度レベルが渋川よりも低く、昼夜別の濃度差もはっきりしなかった。イソプレンについては秋季のさいたまでは昼夜別の濃度差が不明瞭であるが、冬季はさいたま・渋川ともに日中の方が高濃度になる傾向がみられた。昼夜別の濃度差は、大気安定度などの気象条件だけでなく、発生量(植物から放出されるイソプレンは日中のみだが、テルペン類は夜間も放出される)と分解速度(光分解、OH ラジカル・オゾン等との反応)のバランスが大きく影響しているものと考えられる。

- 日中の方が高濃度の成分は、リモネン、p-シメン、イソプレン(冬季)
- 夜間の方が高濃度の成分は、 α -ピネン(渋川)、カンフェン(渋川)、 β -ピネン(渋川)

(3) 季節別の濃度変動

イソプレンはさいたま・渋川ともにわずかに秋季の濃度が冬季よりも高かったが、リモネン、p-シメンはいずれの地点も冬季の方が高濃度であった。 α -ピネンは、さいたまでは秋季、渋川では冬季で濃度が高かった。カンフェン、 β -ピネンは、さいたまでは濃度レベルが渋川よりも低いが秋季の方がより低濃度の傾向がみられ、渋川ではほとんど差が見られなかった。植物からの VOC の放出量は、一般的には、気温が高く・日射量が多い程、増加するため、発生量だけを見ると、大気環境中の濃度レベルも秋季>冬季になることが予想されるが、実際には前述の通り、拡散にかかる気象条件や分解速度も影響しており、排出量の変動とは単純には一致しないものと考えられる。

- 秋季の方が高濃度の成分は、イソプレン、 α 、 β -ピネン(さいたま)、カンフェン(さいたま)
- 冬季の方が高濃度の成分は、リモネン、p-シメン、 α -ピネン(渋川)

(3) 成分間の相関

イソプレンはさいたまでは、 α -ピネン、カンフェンと相関係数が高い一方で、渋川では他の BVOC 成分とはほとんど相関が見られず、テルペン類とは別の発生源の寄与があるものと推測される。カンフェンは α 、 β -ピネンとの相関が比較的高く、発生源や大気中の挙動が類似しているものと考えられる。リモネン、p-シメンについては、さいたまの冬季では両成分の相関が高いものの、それ以外は、いずれの成分ともはっきりとした相関は見られなかった。

- 相関が高い成分は、カンフェンと α 、 β -ピネン、イソプレンとカンフェン、p-シメン(さいたま)
- 他の成分と相関が低いのは、リモネン、p-シメン

(4) 既存調査事例との比較

本調査結果を既存の類似調査事例と比較した。国内の BVOC の環境濃度についての調査事例のうち、イソブレンについては、比較的報告例が多い。表 4 に複数日の調査に基づくイソブレン濃度を整理した。本調査が秋季・冬季の調査であったため、既往調査についても出来るだけ、秋季・冬季濃度の平均が比較できる形で整理した。

表 4 既存調査事例との比較(イソブレン)

調査	地点	イソブレン(ppb)			n(日数)	備考
		秋季	冬季	平均		
本調査	さいたま	107	102	104	10	
	渋川	27	19	23	10	
H16 年度 環境省 VOC 調査 ¹	世田谷	93	145	119	5	秋季:2004.10.12 ~ 19 冬季:2005.1.24 ~ 2.1
	さいたま	69	147	108	5	
	騎西	82	141	111	5	
	横浜	138	172	155	5	
	船橋	111	130	120	5	
	大阪	210	51	131	5	
	西宮	178	32	105	5	
	寝屋川	197	51	124	5	
	京都	213	49	131	5	
国環研提供データ ²	埼玉県衛生研究所	17	7	12	21,31	2006.11.10 ~ 30, 2007.1.1 ~ 31
埼玉県提供データ ³	戸田	51	39	45	6	秋季:H21 ~ H23 の 10 月 ~ 11 月 冬季:H21 ~ H23 年度の 1 ~ 2 月
	鴻巣	42	25	34	6	
	幸手	44	34	39	6	
	寄居	107	16	62	6	
都環研提供データ ⁴	世田谷	-	-	46	4	2008.9/3,10/28,2009.1/15 ,3/17 の平均
	江東	-	-	115	4	
	八王子	-	-	275	4	
Hoshi ら(2008) ⁵	urban site(2003)	-	-	131	12	月 1 回 24h 採取したサン プルの年平均
	roadside site(2003)	-	-	233	12	
	urban site(2004)	-	-	303	12	
	roadside site(2004)	-	-	180	12	

¹平成 16 年度揮発性有機化合物(VOC)大気質調査報告書(平成 17 年 3 月、環境省)

² 国立環境研究所 横内陽子博士提供データ

³ 埼玉県環境科学国際センター 竹内委員提供データ

⁴ 石井真理奈、上野広行、石井康一郎「環境中の植物起源 VOC 濃度測定」東京都環境科学研究所年報 (2009)

⁵ J.Hoshi, A.Amano, Y.Sasaki, T.Korenaga, Investigation and estimation of emission sources of 54 volatile organic compounds in ambient air in Tokyo, Atmospheric Environment, 42 , 2383-2393 (2008)

本調査で観測された、さいたまのイソプレン濃度は、季節別に比較できる既往調査事例のうち、H16 環境省 VOC 調査と同レベルであり、国環研提供データ、埼玉県提供データよりも高かった。既往調査事例の調査地点はほとんどが市街地であるため、渋川と比較できる地点がないが、比較的山間部に近い、埼玉県提供データの寄居地点と比較すると、渋川のイソプレン濃度は、秋季に低く、冬季は同程度であった。

イソプレン以外の BVOC の大気環境中の濃度の報告例は、ピネン以外は少ない。都環研提供データには、ピネンに加え、カンフェン、リモネンの測定されていた。図 8 に都環研提供データを昼夜別平均濃度で整理した結果を示す。

図 6 と比較すると、テルペン類の中でもリモネンが比較的高濃度で存在する一方で、カンフェン濃度は低濃度である点は共通している。また、昼夜別の濃度に着目すると、 α 、 β -ピネンの濃度は夜間の方が高濃度である点は本調査の渋川の結果と一致するが、リモネン濃度は本調査では日中の方が高濃度であった点は相違が見られる。

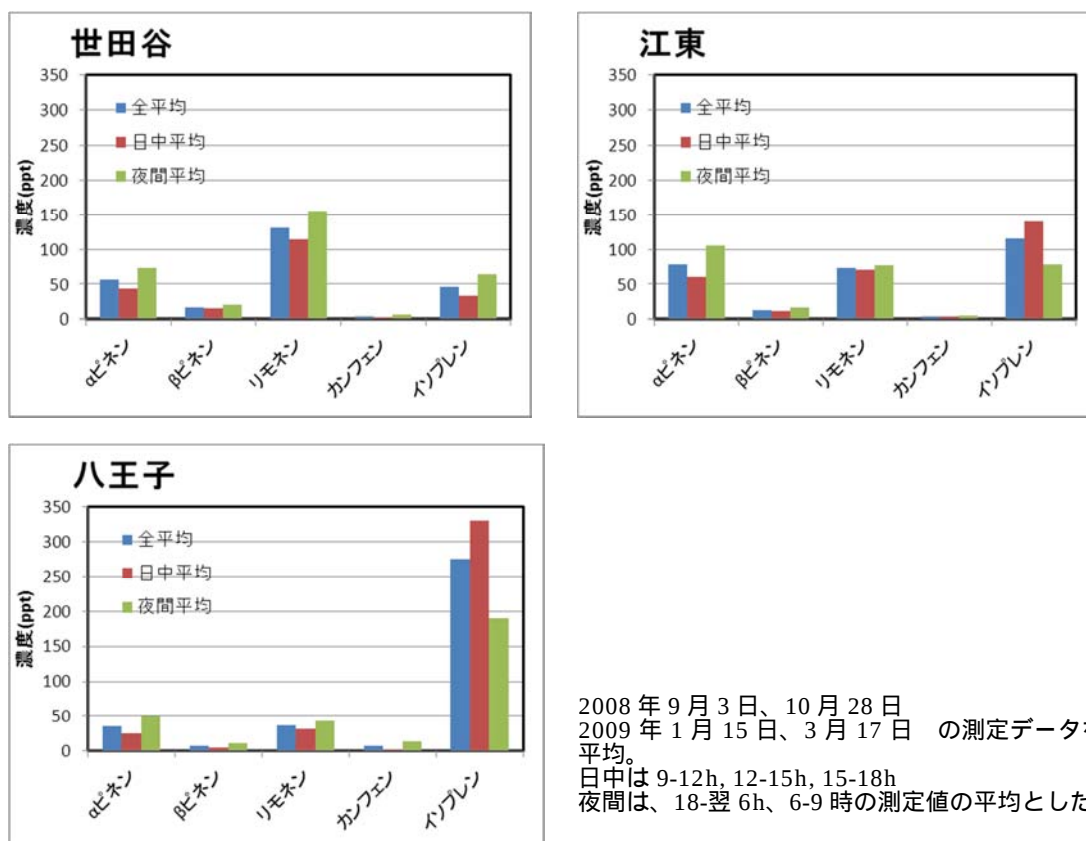


図 8 BVOC 環境濃度調査結果(都環研提供データ)