

原 著

## 山地森林の快適性 (第2報)

市岡高男, 山川雅弘, 加藤進, 佐来栄治, 早川修二

四季について, 穏やかな晴天日に森林及びその周辺においてテルペン類の濃度挙動と揮発性有害大気汚染物質濃度を調査した。その結果, 森林及びその周辺におけるカンフェンの濃度挙動が  $\alpha$ -ピネンに類似していることが明らかになった。森林の内外における揮発性有害大気汚染物質濃度の比較により, 森林が揮発性有害大気汚染物質を吸収している可能性が示唆された。固体吸着 - 加熱脱着 - ガスクロマトグラフ質量分析方法に比べて, 容器採取 - ガスクロマトグラフ質量分析方法では  $\alpha$ -ピネンの正確な測定が難しいことが示唆された。

キーワード: カンフェン,  $\alpha$ -ピネン, 揮発性有害大気汚染物質, 測定方法

### はじめに

近年, 中高年層を中心に森林浴やハイキング等を通じて森林とのふれあいを求める動きが盛んになってきている。このような背景のなか, 著者らは山地森林の快適性についてこれまでいくつかの科学的アプローチを実施してきた<sup>1, 2)</sup>。そして森林周辺の大気環境の特徴, 森林浴の香り物質であるテルペン類の濃度挙動及び気温, 音, におい等による森林の快適性について実測に基づいて明らかにしてきたところである。

本報ではこれまでの結果に加えて, さらにいくつかの知見が得られたので報告する。

### 調査地点及び調査方法

#### 1. 調査地点

調査地点は三重県北部をほぼ南北に走る鈴鹿山脈の東側の山麓部及びその下(東側)に広がる沖積平野の一部にある。調査地点を図1に St. A ~ F で示した。また表1に各地点の状況を示した。なお沖積平野は山脈と並行して約 17 km の幅で存在し, その東側には伊勢湾がある。調査地の植生は次のとおりである。図1のとおり主にアカマツ林(一部スギ・ヒノキ林)が山麓部を中心に存在する。山麓部の上(西側)は主に落葉広葉樹のアカシデ・イヌシデ群落及び常葉広葉樹のアカガシ群落となっている。山麓部の下(東側)は主に水田雑草群落及び畑地雑草群落となっている。調査地点は山麓(St. A ~ C)及びその下の田園地帯(St. D ~ F)とした。なお St. A は三重県民の森内にある。また図1の枠外となるが, 都市部の調査地点の St. G は, St. A の南東約 16 km の四日市市の市街地に位置し, 北西約 90 m に国道1号線があり, 南東約 700 m の四日市港臨海部には石油化学コンビナートが立地している。

#### 2. 調査方法

調査は穏やかな晴天日を選んで行った。

テルペン類の濃度挙動について, 図1に示した森林及びその周辺(St. A ~ F)で, TCT法(Thermal desorption Cold-Trap injection 法)による固体吸着 - 加熱脱着 - ガスクロマトグラフ質量分析方法(以下, 「捕集管法」と略す。)により調査した。大気採取方法, 分析方法等の詳細については既報<sup>1, 2)</sup>のとおりである。

また揮発性有害大気汚染物質の濃度について, 森林の内(St. A), 森林の外(St. C)及び都市部(St. G)で, 有害大気汚染物質測定方法マニュアル<sup>3)</sup>に準拠して容器採取 - ガスクロマトグラフ質量分析方法(以下, 「キャニスター法」と略す。)により調査した。

調査時にはデータロガー付きの風向風速計, 温度湿度計を用いて気象状況の把握を行った。

### 結果及び考察

#### 1. テルペン類の濃度挙動

図2, 図3に森林から田園地帯までのカンフェン濃度,  $\alpha$ -ピネン濃度の例を各々示した。この調査は春季の平成12年5月24日の昼の1時間(12時から13時まで)に行った。このときの St. C における気象状況は快晴, 平均値で東風 2.7m/s, 気温 29.3℃, 湿度 35.2%であった。なおこの日は終日快晴で, St. C における調査前3時間の風向風速の平均値についても東風 2.7m/s であった。東風は伊勢湾からの海風であり, 安定した晴天日であった。

図3をみると山麓の森林から田園地帯に向かってカンフェン濃度が漸減していたのがわかる。これは図3の  $\alpha$ -ピネン濃度のパターンとほぼ同一であり, カンフェンの濃度のレベルは  $\alpha$ -ピネンの 1/10 弱であった。

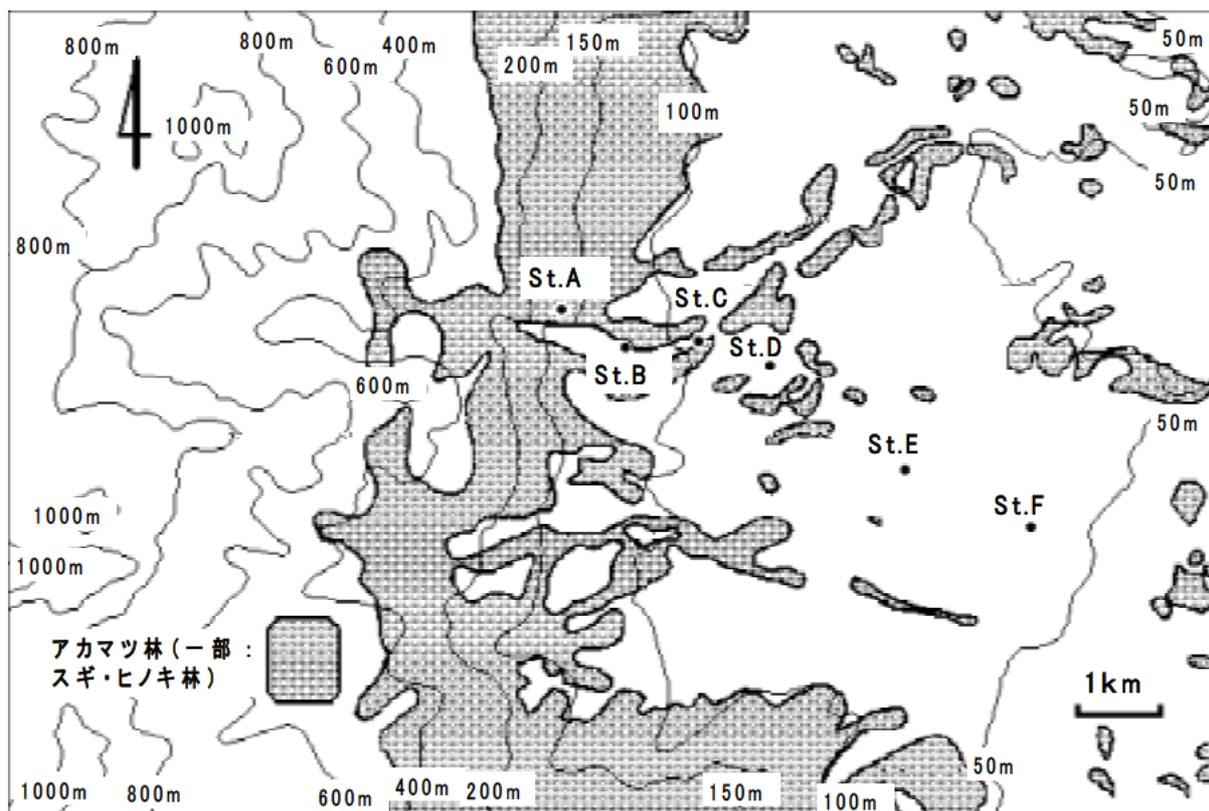


図1 森林及びその周辺の調査地点

表1 森林及びその周辺の調査地点の状況

場所	森林内	森林外	森林の入口	田園地帯	田園地帯	田園地帯
地点名	St. A	St. B	St. C	St. D	St. E	St. F
日当たり	日陰	日向	日向	日向	日向	日向
主な樹種 <sup>(注)</sup>	アカマツ、アケボノ、スギ	(ヒノキ、アカマツ)	(アカマツ)	(ヒノキ、アカマツ)	無	無
標高	約160m	約110m	約90m	約80m	約65m	約55m

・注) 主な樹種の欄で下線のものは、その中で特に多くを占める樹種。また( )内は森林外のその地点周辺にある樹種。

図4、図5に四季についての森林及びその周辺におけるカンフェン濃度、 $\alpha$ -ピネン濃度を各々示した。図4、図5各々の左側の図は12時から13時までの昼の1時間値である。また図4、図5各々の右側の図は14時から翌日の14時までの24時間値である。St.Cにおける調査時の気象を表2に示した。

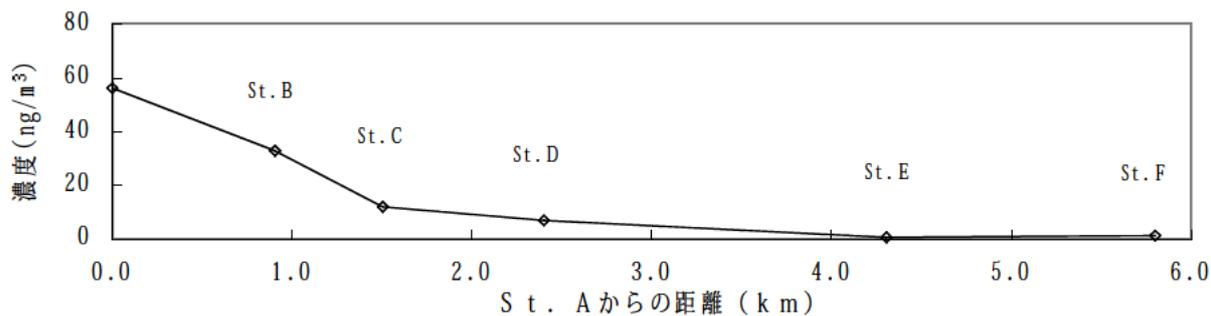
図4のカンフェン濃度のパターンは図5の $\alpha$ -ピネン濃度のパターンと類似している。特に24時間値はほとんどSt.AとSt.Cで同じ値であり、1日を通しての平均的濃度が森林内と森林周辺でほとんど同じであった。

以上の結果からカンフェンの濃度挙動は $\alpha$ -ピネンに類似していることが明らかになった。 $\alpha$ -ピネン、カンフェンとも分子量が同じであり、大気中の挙動が同じであることが示された。このことはまた常温で固体のカンフェン(融点51.2℃)が常温で液体の $\alpha$ -ピネン(融点-57℃)と同じ挙動である点で興味深いことである。

## 2. 揮発性有害大気汚染物質の濃度

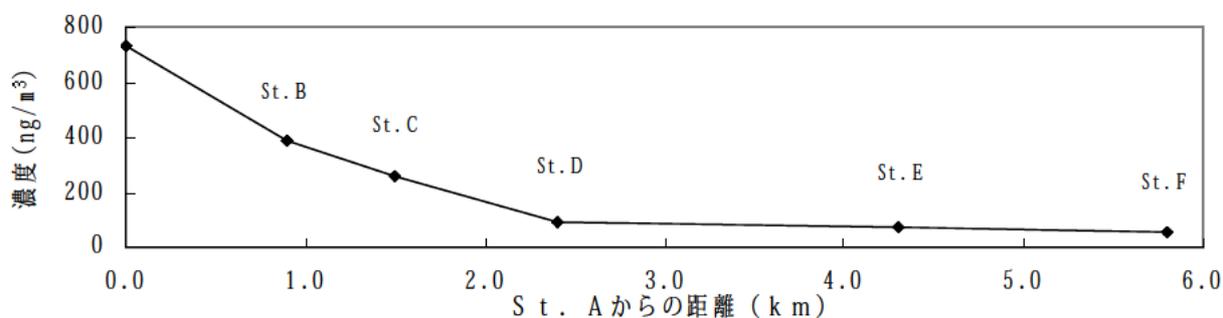
四季について12時から13時までの昼の1時間値をSt.A、Cで、14時から翌日の14時までの24時間値をSt.A、C、Gで、各々標準ガスを用意した42物質について調査した。表3にキャニスター法のGC/MS分析条件を示した。表4～7に調査結果を示した。またSt.Cにおける調査時の気象は表2のとおりである。

表4～7のSt.C/St.Aの1時間値比、24時間値比の各物質についての平均をみると、いずれも1よりも大きい。これはSt.A～C周辺では特に発生源が無いこと及び4回の調査時の風向、風速の結果を考慮すると、森林が揮発性有害大気汚染物質を吸収している可能性を示唆していると考えられる。しかしながらSt.Aの近傍には発生源が無いが、St.Cの近傍(東約80m)には道路があり、時折、自動車を通る。従ってこの影響を受けてSt.Cの値が幾分高くなったことも考えられるので、森林内外の値比についてはさらなる検証を行いたい。



(平成12年5月24日の昼の1時間値)

図2 森林から田園地帯までのカンフェン濃度の例



(平成12年5月24日の昼の1時間値)

図3 森林から田園地帯までのα-ピネン濃度の例

また St.G / St.A の 24 時間値比をみると、総じて物質によっては 1 よりもかなり大きい。これは St.G の近傍には交通量の多い国道 1 号線があり、また石油化学コンビナートも近くに立地していることで、高濃度の物質についての発生源が付近にあることを反映していると考えられる。

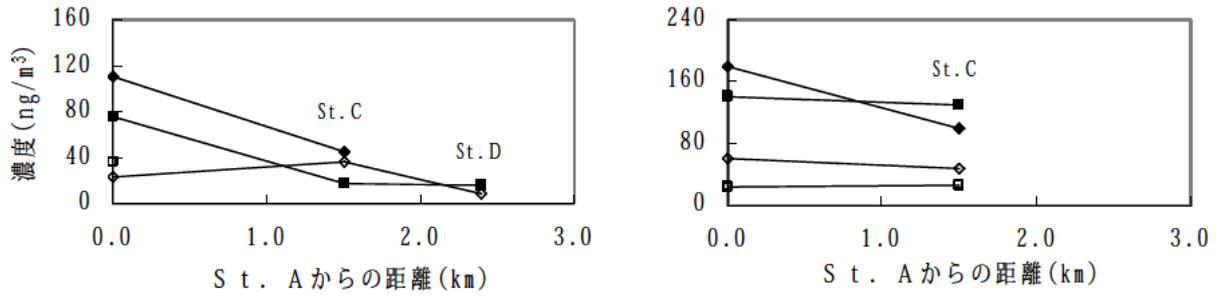
### 3. キャニスター法によるテルペン類の測定方法の検討

テルペン類のうち α-ピネンについては、針葉樹林を中心とした森林及びその周辺では一般に比較的高濃度に観測される。そこでテルペン類の測定方法として、本研究で用いている捕集管法と、やや定量下限値が高いが分析は可能と思われるキャニスター法について比較検討してみた。

平成 11 年 5 月 31 日～6 月 1 日に St.A と St.C で 1 時間値と 24 時間値について、捕集管法とキャニスター法で同時に調査した。その α-ピネンの結果のうち、まず値の信頼性の観点から捕集管法における二重測定値のばらつきが 20 % 以内であった St.A の 1 時間値と 24 時

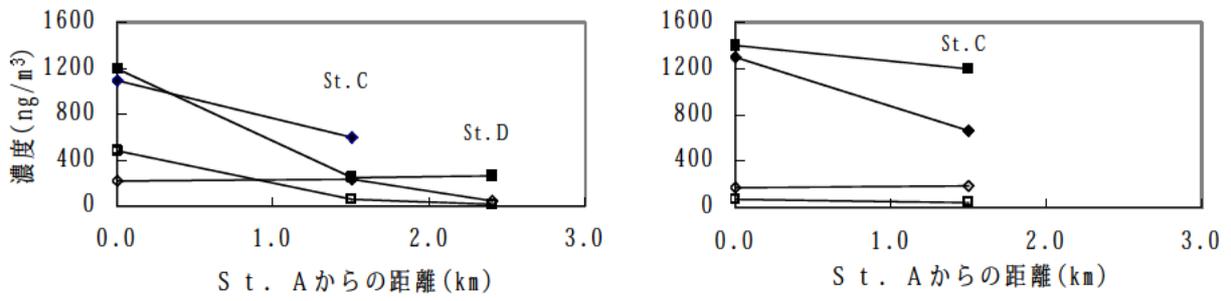
間値及び St.C の 24 時間値各々について平均値を求めて、捕集管法の測定値とした。表 8 に大気調査時間を示した。次にこの 3 つの値に対応するキャニスター法の値をトルエン換算濃度で求めた。トルエン換算濃度として求めたのは、当初、キャニスター法による測定については計画しておらず、α-ピネン濃度の直接算出用の検量線を作成しなかったからである。またデータは Scan 法によって分析、同定したものをを用いた。キャニスター法の GC/MS 分析条件は、Scan 法によったこと以外は揮発性有害大気汚染物質の分析に用いた表 4 の条件と同じである。なおキャニスター法での測定は採取日中に実施した。これらの値の関係を図 6 に示した。

既報<sup>1, 2)</sup>で示したとおり捕集管法の α-ピネンの測定値についてはある程度信頼性がある。従って、もしキャニスター法において α-ピネンが正確に測定できる場合はこれら 3 点はほぼ直線上にあるはずである。ところが図 6 の 3 点のプロットはあきらかにばらついており、特に St.A の 1 時間値が異常である。なお同時に測定した揮発性有害大気汚染物質濃度については表 4 のとおり



(昼の1時間値) (24時間値)  
 ◆春(平成11年5月17日昼～) ■夏(平成11年9月9日昼～)  
 ◇秋(平成11年11月17日昼～) □冬(平成12年3月2日昼～)

図4 森林及びその周辺におけるカンフェン濃度



(昼の1時間値) (24時間値)  
 ◆, ■, ◇, □の凡例は図4に同じ

図5 森林及びその周辺におけるα-ピネン濃度

表2 St. Cにおける調査時の気象

(昼の1時間値)

調査日	平成11年5月31日	平成11年9月9日	平成11年11月17日	平成12年3月2日
大候	快晴	快晴	晴	快晴
風向	SW	NE	ESE	N
風速(m/s)	1.4	3.3	2.5	2.0
気温(℃)	27.9	32.1	14.2	11.0
湿度(%)	33.7	44.8	35.2	32.3

(24時間値)

調査開始	平成11年5月31日14時	平成11年9月9日14時	平成11年11月17日14時	平成12年3月2日14時
大候	快晴	快晴→薄雲	晴→雲	晴→雲
風向	ENE	NNW	NE	NE
風速(m/s)	0.8	0.6	0.5	0.6
気温(℃)	20.8	25.6	7.8	5.9
湿度(%)	64.9	71.3	75.6	68.2

表3 キャニスター法のGC/MSの分析条件

試料濃縮装置：Entech 7000  
 GC/MS装置：HP 5973(GC：HP 6890)  
 カラム：HP-1(60m x 0.32mm、膜厚1μm)  
 カラム温度：40(4min)-5/min-140-15/min-220(2min)  
 キャリアガス：ヘリウム、1.0mL/min  
 イオン源温度：230  
 イオン化電圧：70eV  
 モニターイオン：各測定物質について2イオン、  
 各内部標準物質について1イオン  
 フルオロベンゼン 96 トルエン-d<sub>8</sub> 98  
 知酢ベンゼン-d<sub>5</sub> 117

表4 揮発性有害大気汚染物質濃度(春)

単位：μg/m<sup>3</sup>・20 (値比は無名数)

	定量 下限値	1時間値 <sup>注1)</sup>		24時間値 <sup>注2)</sup>			1時間 値比 <sup>注3)</sup>	24時間値比 <sup>注3)</sup>	
		St.A	St.C	St.A	St.C	St.G	St.C/St.A	St.C/St.A	St.G/St.A
1 Dichlorodifluoromethane(F-12)	0.049	3.3	3.9	3.6	3.7	4.0	1.2	1.0	1.1
2 Chloromethane	0.022	1.4	2.0	1.5	1.6	2.0	1.4	1.1	1.3
3 Dichlorotetrafluoroethane(F-114)	0.046	0.12	0.17	0.14	0.12	0.14	1.4	0.86	1.0
4 Vinyl Chloride	0.022	0.045	0.063	0.24	0.27	0.074	1.4	1.1	0.31
5 1,3-Butadiene	0.019	0.062	0.16	0.15	0.20	0.35	2.6	1.3	2.3
6 Bromomethane	0.033	0.16	0.37	0.080	0.087	0.065	2.3	1.1	0.81
7 Chloroethane	0.033	0.070	0.093	0.30	0.32	0.21	1.3	1.1	0.70
8 Trichlorofluoromethane(F-11)	0.10	1.7	2.5	1.8	2.0	2.0	1.5	1.1	1.1
9 Acrylonitrile	0.040	0.73	0.13	0.10	1.2	0.48	0.18	12	4.8
10 1,1-Dichloroethene	0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	---	---	---
11 Dichloromethane	0.045	0.91	1.4	1.6	1.7	3.1	1.5	1.1	1.9
12 3-chloro-1-propene	0.028	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	---	---	---
13 Trichlorotrifluoroethane(F-113)	0.062	0.88	1.2	0.80	0.83	0.84	1.4	1.0	1.1
14 1,1-Dichloroethane	0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	---	---	---
15 cis-1,2-Dichloroethene	0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	---	---	---
16 Chloroform	0.026	0.13	0.32	0.20	0.22	0.45	2.5	1.1	2.3
17 1,2-Dichloroethane	0.026	0.10	0.19	0.22	0.24	0.12	1.9	1.1	0.55
18 1,1,1-Trichloroethane	0.069	0.43	0.61	0.44	0.44	0.46	1.4	1.0	1.0
19 Benzene	0.010	0.53	0.71	0.91	1.0	1.3	1.3	1.1	1.4
20 Carbon Tetrachloride	0.049	0.76	1.0	0.80	0.80	0.82	1.3	1.0	1.0
21 1,2-Dichloropropane	0.025	<0.025	<0.025	0.031	0.031	(0.023)	---	1.0	---
22 Trichloroethene	0.016	0.090	0.095	0.27	0.48	0.43	1.1	1.8	1.6
23 cis-1,3-Dichloropropene	0.018	<0.018	<0.018	<0.018	<0.018	<0.018	---	---	---
24 trans-1,3-Dichloropropene	0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	---	---	---
25 1,1,2-Trichloroethane	0.034	<0.034	<0.034	<0.034	<0.034	<0.034	---	---	---
26 Toluene	0.015	1.0	1.3	2.8	3.3	82	1.3	1.2	29
27 1,2-Dibromoethane	0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040	---	---	---
28 Tetrachloroethene	0.031	0.19	0.25	0.22	0.22	0.23	1.3	1.0	1.0
29 Chlorobenzene	0.0077	0.021	0.027	0.017	0.016	0.020	1.3	0.94	1.2
30 Ethylbenzene	0.0093	0.28	0.36	1.3	1.6	3.7	1.3	1.2	2.8
31 1,3- 1,4-Xylene	0.0048	0.10	0.061	0.47	0.59	1.9	0.61	1.3	4.0
32 Styrene	0.013	0.18	0.11	0.11	0.21	16	0.61	1.9	150
33 1,1,2,2-Tetrachloroethane	0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	---	---	---
34 1,2-Xylene	0.012	0.12	0.13	0.38	0.53	1.4	1.1	1.4	3.7
35 4-Ethyl-Toluene	0.010	0.076	0.12	0.23	0.27	1.0	1.6	1.2	4.3
36 1,3,5-Trimethylbenzene	0.010	0.027	0.11	0.15	0.082	0.41	4.1	0.55	2.7
37 1,2,4-Trimethylbenzene	0.0072	0.12	0.18	0.30	0.37	1.4	1.5	1.2	4.7
38 1,3-Dichlorobenzene	0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	---	---	---
39 1,4-Dichlorobenzene	0.0076	0.37	0.40	0.38	0.51	2.2	1.1	1.3	5.8
40 1,2-Dichlorobenzene	0.010	0.021	0.021	0.018	0.028	0.074	1.0	1.6	4.1
41 1,2,4-Trichlorobenzene	0.022	(0.013)	(0.016)	(0.018)	(0.028)	0.054	---	---	---
42 Hexachloro-1,3-Butadiene	0.068	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	---	---	---
値比の平均							1.5	1.5	8.2

・注1)1時間値は平成11年5月31日12時~13時調査。

・注2)24時間値は平成11年5月31日14時~翌日14時調査。

・注3)各物質の値比については、目安として1/2以下ならば 〇 でマークして、林内(St.A)の方が高濃度であることを示した。  
 " " 2以上ならば ■ でマークして、林内(St.A)の方が低濃度であることを示した。

(表5~7についても同様)

表5 揮発性有害大気汚染物質濃度(夏)

単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 20^\circ\text{C}$  (値比は無名数)

	定量 下限値	1時間値 <sup>注1)</sup>		24時間値 <sup>注2)</sup>			1時間 値比 <sup>注3)</sup>	24時間値比 <sup>注3)</sup>	
		St.A	St.C	St.A	St.C	St.G	St.C/St.A	St.C/St.A	St.C/St.A
1 Dichlorodifluoromethane(F-12)	0.049	3.6	3.6	3.4	3.0	3.4	1.0	0.88	1.0
2 Chloromethane	0.022	2.0	2.4	1.8	1.6	1.6	1.2	0.89	0.89
3 Dichlorotetrafluoroethane(F-114)	0.046	0.17	0.18	0.28	0.11	0.12	1.1	0.39	0.43
4 Vinyl Chloride	0.022	<0.022	(0.022)	0.26	0.28	0.65	---	1.1	2.5
5 1,3-Butadiene	0.019	0.260	0.93	0.10	0.27	0.70	3.6	2.8	7.4
6 Bromomethane	0.033	0.22	0.10	0.110	0.093	0.099	0.45	0.85	0.90
7 Chloroethane	0.033	0.053	0.073	0.18	0.14	0.16	1.4	0.78	0.89
8 Trichlorofluoromethane(F-11)	0.10	2.2	2.4	1.9	1.5	1.6	1.1	0.79	0.84
9 Acrylonitrile	0.040	0.083	0.12	0.29	0.21	0.25	1.4	0.72	0.86
10 1,1-Dichloroethene	0.020	<0.020	<0.020	0.056	<0.020	(0.0053)	---	---	---
11 Dichloromethane	0.045	3.4	3.9	44	2.8	3.3	1.1	0.064	0.075
12 3-chloro-1-propene	0.028	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	---	---	---
13 Trichlorotrifluoroethane(F-113)	0.062	0.95	1.0	0.77	0.61	0.65	1.1	0.79	0.84
14 1,1-Dichloroethane	0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	---	---	---
15 cis-1,2-Dichloroethene	0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	<0.0079	---	---	---
16 Chloroform	0.026	0.14	0.18	0.49	0.36	0.23	1.3	0.73	0.47
17 1,2-Dichloroethane	0.026	0.11	0.11	0.31	0.21	0.28	1.0	0.68	0.90
18 1,1,1-Trichloroethane	0.069	0.46	0.51	0.41	0.34	0.36	1.1	0.83	0.88
19 Benzene	0.010	0.49	0.82	1.10	1.4	3.8	1.7	1.3	3.5
20 Carbon Tetrachloride	0.049	0.92	1.0	1.00	0.60	0.77	1.1	0.60	0.77
21 1,2-Dichloropropane	0.025	(0.021)	0.026	0.070	0.070	0.039	---	1.0	0.56
22 Trichloroethene	0.016	0.10	0.13	0.61	0.88	0.99	1.3	1.4	1.6
23 cis-1,3-Dichloropropene	0.018	<0.018	<0.018	<0.018	<0.018	<0.018	---	---	---
24 trans-1,3-Dichloropropene	0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	---	---	---
25 1,1,2-Trichloroethane	0.034	<0.034	<0.034	(0.029)	(0.026)	(0.019)	---	---	---
26 Toluene	0.015	7.1	7.9	49	190	31	1.1	3.9	0.63
27 1,2-Dibromoethane	0.040	<0.034	<0.034	<0.034	<0.034	<0.034	---	---	---
28 Tetrachloroethene	0.031	0.090	0.10	0.35	0.29	0.58	1.1	0.83	1.7
29 Chlorobenzene	0.0077	0.024	0.031	0.037	0.39	0.043	1.3	1.1	1.2
30 Ethylbenzene	0.0093	1.6	1.8	12	15	6.7	1.1	1.3	0.56
31 1,3- 1,4-Xylene	0.0048	0.64	0.80	6.5	8.5	4.0	1.3	1.3	0.62
32 Styrene	0.013	0.45	0.61	2.1	2.2	4.4	1.4	1.0	2.1
33 1,1,2,2-Tetrachloroethane	0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	---	---	---
34 1,2-Xylene	0.012	0.53	0.73	4.2	4.2	2.9	1.4	1.0	0.69
35 4-Ethyl-Toluene	0.010	0.21	0.43	0.85	4.4	2.5	2.0	5.2	2.9
36 1,3,5-Trimethylbenzene	0.010	0.039	0.15	0.66	2.5	0.85	3.8	3.8	1.3
37 1,2,4-Trimethylbenzene	0.0072	0.36	0.81	1.2	7.4	3.0	2.3	6.2	2.5
38 1,3-Dichlorobenzene	0.0079	0.038	0.068	0.013	0.016	0.067	---	---	---
39 1,4-Dichlorobenzene	0.0076	0.12	0.18	0.61	1.40	3.6	1.5	2.3	5.9
40 1,2-Dichlorobenzene	0.010	0.018	0.023	0.035	0.10	0.12	1.3	2.9	3.4
41 1,2,4-Trichlorobenzene	0.022	(0.021)	0.022	<0.022	0.047	0.098	---	---	---
42 Hexachloro-1,3-Butadiene	0.068	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	---	---	---
値比の平均							1.4	1.9	1.6

・注1) 1時間値は平成11年9月9日12時～13時調査。  
 ・注2) 24時間値は平成11年9月9日14時～翌日14時調査。

表6 揮発性有害大気汚染物質濃度(秋)

単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 20^\circ\text{C}$  (値比は無名数)

	定量 ↓限值	1時間値 <sup>注1)</sup>		24時間値 <sup>注2)</sup>			1時間 値比 <sup>注3)</sup>		24時間値比 <sup>注3)</sup>	
		St.A	St.C	St.A	St.C	St.G	St.C/St.A	St.G/St.A	St.C/St.A	St.G/St.A
1 Dichlorodifluoromethane(F-12)	0.040	4.1	3.8	4.0	4.1	4.2	0.93	1.0	1.1	
2 Chloromethane	0.038	2.1	2.1	1.7	1.8	2.0	1.0	1.1	1.2	
3 Dichlorotetrafluoroethane(F-114)	0.087	0.17	0.21	0.16	0.15	0.15	1.2	0.94	0.94	
4 Vinyl Chloride	0.017	<0.017	<0.017	0.08	0.10	2.7	---	1.2	33	
5 1,3-Butadiene	0.035	0.40	0.29	0.13	0.35	2.0	0.73	2.7	15	
6 Bromomethane	0.046	0.34	0.07	0.073	0.075	0.082	0.21	1.0	1.1	
7 Chloroethane	0.024	0.034	0.029	0.048	0.042	0.39	0.85	0.88	8.1	
8 Trichlorofluoromethane(F-11)	0.063	2.6	2.8	2.1	2.2	2.1	1.1	1.0	1.0	
9 Acrylonitrile	0.052	0.59	0.80	1.20	0.51	0.065	1.4	0.43	0.054	
10 1,1-Dichloroethene	0.022	<0.022	<0.022	<0.022	<0.022	<0.022	---	---	---	
11 Dichloromethane	0.041	0.53	0.81	1.6	1.4	3.1	1.5	0.88	1.9	
12 3-chloro-1-propene	0.035	<0.035	<0.035	<0.035	<0.035	<0.035	---	---	---	
13 Trichlorotrifluoroethane(F-113)	0.092	1.1	1.1	0.89	0.89	0.84	1.0	1.0	0.94	
14 1,1-Dichloroethane	0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	<0.026	---	---	---	
15 cis-1,2-Dichloroethene	0.031	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031	<0.031	---	---	---	
16 Chloroform	0.023	0.11	0.12	0.13	0.13	0.28	1.1	1.0	2.2	
17 1,2-Dichloroethane	0.028	0.075	0.073	0.11	0.11	0.83	1.0	1.0	7.5	
18 1,1,1-Trichloroethane	0.036	0.47	0.51	0.40	0.41	0.42	1.1	1.0	1.1	
19 Benzene	0.0076	0.68	0.69	0.95	1.2	4.1	1.0	1.3	4.3	
20 Carbon Tetrachloride	0.050	1.1	1.1	0.84	0.93	0.78	1.0	1.1	0.93	
21 1,2-Dichloropropane	0.019	<0.019	<0.019	0.019	0.029	0.027	---	1.5	1.4	
22 Trichloroethene	0.040	0.049	0.043	0.72	1.2	0.99	0.88	1.7	1.4	
23 cis-1,3-Dichloropropene	0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030	---	---	---	
24 trans-1,3-Dichloropropene	0.062	<0.062	<0.062	<0.062	<0.062	<0.062	---	---	---	
25 1,1,2-Trichloroethane	0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	---	---	---	
26 Toluene	0.026	1.7	1.4	5.6	7.0	17	0.82	1.3	3.0	
27 1,2-Dibromoethane	0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	<0.038	---	---	---	
28 Tetrachloroethene	0.034	0.085	0.084	0.16	0.19	0.52	1.0	1.2	3.3	
29 Chlorobenzene	0.011	0.019	0.012	0.015	0.013	0.026	0.63	0.87	1.7	
30 Ethylbenzene	0.022	0.38	0.28	1.3	1.7	5.1	0.74	1.3	3.9	
31 1,3- 1,4-Xylene	0.014	0.18	0.13	0.70	1.0	3.8	0.72	1.4	5.4	
32 Styrene	0.027	0.10	0.047	0.23	0.41	1.3	0.48	1.8	5.7	
33 1,1,2,2-Tetrachloroethane	0.013	<0.013	<0.013	0.0097	<0.013	<0.013	---	---	---	
34 1,2-Xylene	0.0048	0.31	0.26	0.57	1.4	2.6	0.84	2.5	4.6	
35 4-Ethyl-Toluene	0.023	0.16	0.32	0.65	2.3	2.1	2.0	3.5	3.2	
36 1,3,5-Trimethylbenzene	0.024	0.054	0.13	0.23	1.2	0.86	2.4	5.2	3.7	
37 1,2,4-Trimethylbenzene	0.032	0.36	0.68	0.90	4.4	2.9	1.9	4.9	3.2	
38 1,3-Dichlorobenzene	0.027	<0.027	<0.027	<0.027	<0.027	0.043	---	---	---	
39 1,4-Dichlorobenzene	0.031	0.063	0.069	0.10	0.31	1.4	1.1	3.2	14	
40 1,2-Dichlorobenzene	0.023	<0.023	<0.023	(0.013)	0.028	0.11	---	---	---	
41 1,2,4-Trichlorobenzene	0.088	<0.088	<0.088	(0.015)	<0.088	0.12	---	---	---	
42 Hexachloro-1,3-Butadiene	0.059	<0.059	<0.059	(0.0085)	<0.059	<0.059	---	---	---	
値比の平均							1.1	1.7	4.7	

・注1) 1時間値は平成11年11月17日12時~13時調査。  
 ・注2) 24時間値は平成11年11月17日14時~翌日14時調査。

表7 揮発性有害大気汚染物質濃度(冬)

単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot 20^\circ\text{C}$  (値比は無名数)

	定量 下限値	1時間値 <sup>注1)</sup>		24時間値 <sup>注2)</sup>			1時間 値比 <sup>注3)</sup>	24時間値比 <sup>注3)</sup>	
		St.A	St.C	St.A	St.C	St.G	St.C/St.A	St.C/St.A	St.C/St.A
1 Dichlorodifluoromethane(F-12)	0.039	4.1	4.4	3.0	3.1	4.3	1.1	1.0	1.4
2 Chloromethane	0.030	1.9	1.9	1.4	1.3	2.0	1.0	0.93	1.4
3 Dichlorotetrafluoroethane(F-114)	0.037	0.18	0.18	0.12	0.12	0.14	1.0	1.0	1.2
4 Vinyl Chloride	0.023	0.063	0.074	0.074	0.10	4.2	1.2	1.4	57
5 1,3-Butadiene	0.028	0.47	0.14	0.062	0.10	1.0	0.30	1.6	16
6 Bromomethane	0.043	0.64	0.14	0.056	0.063	0.10	0.22	1.1	1.8
7 Chloroethane	0.032	0.055	0.086	0.060	0.070	0.70	1.6	1.2	12
8 Trichlorofluoromethane(F-11)	0.036	2.3	2.4	1.7	1.8	2.5	1.0	1.1	1.5
9 Acrylonitrile	0.059	0.11	0.21	0.15	0.18	1.8	1.9	1.2	12
10 1,1-Dichloroethene	0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	---	---	---
11 Dichloromethane	0.059	1.8	23	1.0	1.6	5.5	13	1.6	5.5
12 3-chloro-1-propene	0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	---	---	---
13 Trichlorotrifluoroethane(F-113)	0.033	1.1	1.0	0.75	0.75	1.0	0.91	1.0	1.3
14 1,1-Dichloroethane	0.025	<0.025	(0.018)	(0.0084)	(0.0087)	(0.017)	---	---	---
15 cis-1,2-Dichloroethene	0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	---	---	---
16 Chloroform	0.030	0.14	0.27	0.10	0.12	0.38	1.9	1.2	3.8
17 1,2-Dichloroethane	0.026	0.14	0.18	0.13	0.16	1.1	1.3	1.2	8.5
18 1,1,1-Trichloroethane	0.028	0.25	0.41	0.25	0.31	0.41	1.6	1.2	1.6
19 Benzene	0.0140	1.2	1.3	0.98	1.1	4.2	1.1	1.1	4.3
20 Carbon Tetrachloride	0.036	0.87	0.94	0.63	0.65	0.89	1.1	1.0	1.4
21 1,2-Dichloropropane	0.026	0.031	0.050	0.032	0.036	0.057	1.6	1.1	1.8
22 Trichloroethene	0.018	0.43	0.55	0.24	1.0	1.1	1.3	4.0	4.6
23 cis-1,3-Dichloropropene	0.018	<0.018	<0.018	<0.018	<0.018	<0.018	---	---	---
24 trans-1,3-Dichloropropene	0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	<0.029	---	---	---
25 1,1,2-Trichloroethane	0.039	<0.039	<0.039	<0.039	<0.039	<0.039	---	---	---
26 Toluene	0.180	6.8	20	2.0	2.8	29	2.9	1.4	15
27 1,2-Dibromoethane	0.019	<0.019	<0.019	<0.019	<0.019	<0.019	---	---	---
28 Tetrachloroethene	0.025	0.21	0.23	0.094	0.11	0.54	1.1	1.2	5.7
29 Chlorobenzene	0.010	0.049	0.055	0.011	0.016	0.064	1.1	1.5	5.8
30 Ethylbenzene	0.062	1.3	3.6	0.34	0.52	9.4	2.8	1.5	28
31 1,3- 1,4-Xylene	0.040	0.42	1.6	0.15	0.27	4.9	3.8	1.8	33
32 Styrene	0.038	0.069	0.38	(0.031)	0.061	1.9	5.5	---	---
33 1,1,2,2-Tetrachloroethane	0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	---	---	---
34 1,2-Xylene	0.041	0.37	1.20	0.12	0.23	3.3	3.2	1.9	28
35 4-Ethyl-Toluene	0.032	0.093	0.13	0.047	0.10	1.0	1.4	2.1	21
36 1,3,5-Trimethylbenzene	0.032	0.053	0.10	(0.031)	0.072	0.65	1.9	---	---
37 1,2,4-Trimethylbenzene	0.045	0.29	0.52	0.15	0.37	4.5	1.8	2.5	30
38 1,3-Dichlorobenzene	0.0090	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	---	---	---
39 1,4-Dichlorobenzene	0.0054	0.10	0.13	0.034	0.060	0.76	1.3	1.8	22
40 1,2-Dichlorobenzene	0.0081	0.013	0.014	(0.0078)	0.010	0.15	1.1	---	---
41 1,2,4-Trichlorobenzene	0.012	0.012	0.015	<0.012	<0.012	0.17	1.3	---	---
42 Hexachloro-1,3-Butadiene	0.064	<0.064	<0.064	<0.064	<0.064	<0.064	---	---	---
値比の平均							2.0	1.5	12

・注1)1時間値は平成12年3月2日12時~13時調査.  
 ・注2)24時間値は平成12年3月2日14時~翌日14時調査.

表8 大気調査時間

地名	調査時間(調査時刻)
St. A	1時間(平成11年5月31日12時~13時)
St. A	24時間(平成11年5月31日14時~翌日14時)
St. C	" ( " )

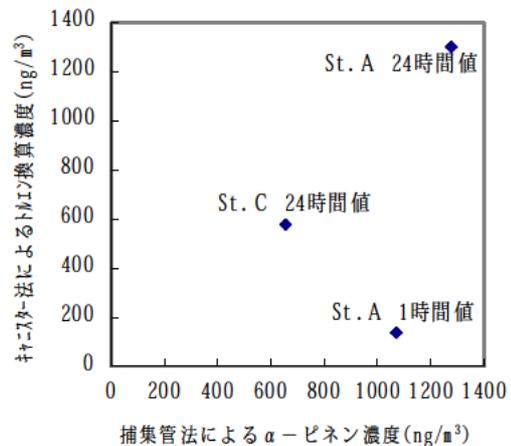


図6 α-ピネン濃度の比較

で総じて異常な値はなく、キャニスター法自体の操作上の問題はなかったと考えられる。また、このようなばらつきは他の時期に実施した同時測定の場合でもみうけられた。以上のことは、キャニスター法では - ピネンの正確な測定が難しい可能性を示唆している。この原因として - ピネンが揮発性有害大気汚染物質と違って安定な物質でなく、大気採取時から測定されるまでの過程で採取大気中の  $O_3$ 、 $NO_x$  及び水分の作用を受けて反応<sup>4)</sup>していたことが考えられる。

- ピネンは室内空気中化学物質として特に木質住宅室内において TVOC (総揮発性有機化合物) の主要な成分の 1 つとして他の揮発性有害大気汚染物質とともに観測される物質である。TVOC については、これら室内空気中化学物質をキャニスター法等の方法によりトルエン換算濃度の和として測定、評価することが示されている<sup>5)</sup> こともあり、今後さらなる検証を行いたい。

### ま と め

四季について、穏やかな晴天日に森林及びその周辺においてテルペン類の濃度挙動、揮発性有害大気汚染物質濃度を調査したところ、次のようなことが明らかになった。

- (1) 森林及びその周辺におけるカンフェンの濃度挙動が  
- ピネンに類似していることが明らかになった。分子量が同じであるが、常温で固体のカンフェンと液体の - ピネンの大気中の挙動が同じであることが示された。

- (2) 森林の内外での容器採取 - ガスクロマトグラフ質量分析方法による揮発性有害大気汚染物質濃度の昼の 1 時間値と 24 時間値から、森林が揮発性有害大気汚染物質を吸収している可能性が示唆された。

- (3) 固体吸着 - 加熱脱着 - ガスクロマトグラフ質量分析方法と比べて、容器採取 - ガスクロマトグラフ質量分析方法では - ピネンの正確な測定が難しいことが示唆された。

### 文 献

- 1) 市岡高男, 加藤進, 他: 山地森林の快適性(第 1 報), 三重県保健環境研究所年報(環境部門), 1, 29 - 35 (1999)
- 2) 岐阜・三重・滋賀三県環境対策研究会 編: 森林の環境に関する総合的研究 - 岐阜・三重・滋賀三県環境関係研究機関共同研究 - (2001)
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課: 有害大気汚染物質測定方法マニュアル(1997)。
- 4) Ruud J.B.Peters, Johannes A.D.V.Renesse V.Duivenbode, Jan H.Duyzer and Henk L.M. Verhagen: The determination of terpenes in forest air, *Atmos. Environ.*, 28, 2413-2419 (1994)
- 5) 厚生省生活衛生局: 室内空気中化学物質の室内濃度指針値及び総揮発性有機化合物の室内濃度暫定目標値等について(2000)

## Amenity of the Forest at the Foot of a Mountain(Second Report)

Takao ICHIOKA, Masahiro YAMAKAWA, Susumu KATO, Eiji SARAI  
and Syuji HAYAKAWA

**Key words:** Camphene, -Pinene, Volatile organic compounds, Measurement method

The concentrations of monoterpenes and volatile organic compounds were investigated in a forest and the outskirts of it on calm fine weather day in the four seasons.

As a result, the behavior of camphene is found to be similar to that of -pinene. The possibility that the forest absorbed the volatile organic compounds was suggested by comparison of the concentrations of the volatile organic compounds in the inside and outside of the forest. In comparison with the solid absorption-thermal desorption-GC/MS analysis method, it was suggested that it is difficult to measure -pinene correctly by using the canister collection-GC/MS analysis method.