

大気中の炭化水素組成の経年変化 (2)

泉川 碩 雄 岩 崎 好 陽 中 浦 久 雄* 谷 川 昇**
*大気保全部 **清綿研究所
 宇田川 満 早 福 正 孝 朝来野 国 彦

1 はじめに

環境大気や発生源における炭化水素 (HC) についての調査研究は、光化学大気汚染の生成機構の解明や抑止を目的として実施されている。

我々は昭和47年度から60年度まで光化学スモッグの生成機構を解明するための調査研究として、環境大気中HCの光化学スモッグ生成への関与を明らかにすることや、環境大気中HCに影響を与える発生源を推定すること等を目的として、環境大気中やHC発生源におけるHC組成調査を実施してきた。

この調査結果については61年度にHC発生源調査の移動発生源の部分について報告した¹⁾。今回はHC発生源調査の固定発生源の部分と環境大気について報告する。

2 調査方法

(1) 調査内容

ア 固定発生源排出ガス中のHC組成調査

(ア) 非燃焼施設：印刷工場（オフセット、グラビヤ、新聞の各印刷）、塗装工場における排出ガス中のHC組成調査を実施した。

(イ) 燃焼施設：焼却炉（都市ごみ、下水処理汚泥の各焼却炉）、ボイラー（重油、灯油、都市ガス、石炭使用の各ボイラー）、ルーフィング工場における排出ガス中のHC組成調査を実施した。

イ 環境大気中のHC組成調査

(ア) HC組成の経年変化

環境大気中HCの光化学スモッグ生成への関与を解明するために、環境大気中HCの組成調査を1972年、1980年、1984年に工場地域、商業地域、住宅地域の3地点で実施した。

また、自動車専用トンネルにおけるHCの組成調査を1980年と1984年に実施した。

これらの調査においてガスクロマトグラフによるHCの分析などは同一条件で実施した。

このHC組成の経年調査は調査の過程で、HC排出源に対する排出規制が行われたことや自動車走行に占めるディーゼル車の割合が増加したこと、自動車排出ガス対策として触媒装置が取り付けられたことなど、HCの排出形態が変化したことにより環境大気中のHC組成に変化が予想されたことから実施したものである。

HCの排出形態の変化は特に移動発生源に対するHC排出規制が進化したことによる。環境大気に対するHCの発生源別の汚染寄与率は1972年当時、移動発生源が67%、固定発生源が33%であった。これが1980年には、移動発生源が19%、固定発生源が81%と移動発生源と固定発生源とで割合が逆転している。

(2) HCの分析方法

ア 試料の採取及び分析

排出ガスや環境大気はダイヤフラムポンプを用い10Lのサランバッグに採取し、ガスクロマトグラフ (GC) で分析した。採取した試料のGCへの導入は排出ガスの場合、炭素数1~3 (C₁~C₃) のHC成分についてはマイクロシリンジで1~5 mlを直接導入する方法で、C₄以上のHC成分については100~1000 mlを液体酸素で低温濃縮する方法で行った。環境大気試料の場合は1~2 Lを液体酸素で低温濃縮する方法で行った。

イ GCの分析条件

GCの分析条件は次のとおりである。

検出器：水素炎イオン化検出器 (FID)

分離カラム：C₁~C₃のHC成分の分析

VZ10 3m, カラム温度 50°C

: C₄以上のHC成分の分析

アピエゾングリースーL, 25%クロモソ
 ルプWAW (APGL)

6 m, カラム温度 50-240°C
 4°C/minの昇温分析
 : アルコール, エステル, エーテル, ケトン系の分析
 FAL-M, 10%シマライト TPA
 3 m, カラム温度 100°C

ウ 分析成分及び定量

排出ガス試料ではVZ-10, FAL-M, APGL カラムを, 環境大気試料では APGL カラムを使用した。各ピークの確認同定は既知の HC を使用し求めた保持時間と比較して行った。それぞれのカラムで確認同定した HC 成分を表 1 に示した。

定量はメタン, プロパン混合標準ガス (高千穂製) を使用し, 相対感度法で行った。

3 結果と考察

(1) 固定発生源排出ガス中の HC 組成調査

ア 非燃焼施設

HC 排出の固定発生源は種類が非常に多く, また, 排出形態も複雑であることから全てを調査することができ

表 1 ガスクロマトグラフ分析による確認成分名

炭素数	測定成分名	分離カラム名
1	Methane	VZ-10
2	Ethane, Ethylene, Acetylene	
3	Propane, Propylene	
3	iso-Propylalcohol, Acetone	FAL-M
4	iso-Butylalcohol, Ethylacetate, Methyl ethylketon	
6	Butylacetate, Methylisobutylketone	
2	Trichloroethylene, Trifluorotrchloroethane	APGL
4	iso-Butane, n-Butane	
5	iso-Pentane, n-Pentane, 2-Methylbutene-1	
6	2,2-Dimethylbutane, 2-Methylpentane, 3-Methylpentane, n-Hexane, Benzene, Cyclohexane	
7	2,2-Dimethylpentane, 2,4-Dimethylpentane, n-Heptane, Methylcyclohexane, Toluene	
8	4-Methylheptane, n-Octane, 1,4-Dimethylcyclohexane, Ethylbenzene, m,p-Xylene, o-Xylene	
9	iso-Propylbenzene, n-Propylbenzen, m-Ethyltoluene, o-Ethyltoluene, 1,2,4-Trimethylbenzene	
10	n-Decane, m-Diethylbenzene, o,p-Diethylbenzene	
11	n-Undecane	
12	n-Dodecane	
13	n-Tridecane	
14	n-Tetradecane	
15	n-Pentadecane	

なかったが, 非燃焼施設では排出量の多い印刷施設, 塗装施設の排出ガスについて調査を実施した。この印刷施設, 塗装施設の環境大気に対する汚染寄与率は昭和53年度の集計によると全 HC 排出量の62%を占めており, 両施設の HC 排出成分を調査することにより固定発生源の環境大気の HC 組成に対する影響の概要を知ることができると考えられる。

(ア) 印刷工場

雑誌, パンフレット等の出版物のグラビヤ印刷, オフセット印刷及び新聞印刷工程から排出される HC の組成分析を実施した。その主な調査結果を表 2 に示した。これによると印刷工程から排出される HC 成分組成の傾向は印刷方式により異なっているが次の三つに分類される。

○芳香族系溶剤ナフサと思われるキシレン, エチルトルエンなどC₈~C₉芳香族炭化水素が主成分となっている施設。

○イソプロピルアルコールが主成分となっている施設。

○脂肪族炭化水素系溶剤ナフサと思われるデカン, ウンデカンなどC₁₀~C₁₂の脂肪族炭化水素が主成分となっている施設。

この他, HC 排出成分を大気中の HC との関連でみると, 大気中の HC の主成分であるトルエンの排出は調査した各施設とも全 HC に占める割合が2%以下であった。

(イ) 塗装工場

事務機器, プレハブ物置, 水道管, 航空機等の塗装工程や焼付工程から排出される HC の組成分析を実施した。また, 一部排出ガス処理装置の効率についても調査した。

その主な調査の結果を表 3 に示した。これによると塗装工程から排出される HC 成分には次のような傾向がある。

○トルエン, エチルベンゼン, キシレンなどの芳香族炭化水素が調査したほとんどの施設において主成分となっている。

○印刷工程ではみられないメチルエチルケトン, メチルイソブチルケトンなどのケトン類, 酢酸ブチルなどのエステル類, 三ふっ化三塩化エタン (フレオン 113), トリクロロエチレンなどの塩素化炭化水素

表2 印刷工場排出ガスの炭化水素組成調査結果例

単位: %

炭素数	成分名	工場1 オフセット 処理装置		工場2 オフセット 排気出口	工場3 グラビヤ 印刷乾燥機 排気	工場4 グラビヤ 排気出口	工場5 新聞 排気出口	工場6 新聞 排気出口
		入口	出口					
1	Methane	27.2	82.9					
2	Ethane Ethylene Tetrachloroethylene	3.1 6.4	8.0 0.7			9.8		
3	Propane Propylene i-Propylalcohol	3.7 4.3 61.2	5.5 0.7	0.5	3.9 74.3	0.1	0.2	0.1
4	Butane	1.3	0.3					
5	Pentane						1.7	0.3
7	Toluene	1.0	0.6	0.9	0.2		2.1	1.4
8	Ethylbenzene m,p-Xylene o-Xylene	1.0 1.0	0.9 0.4	1.5 19.0 6.6	4.5 1.6	18.7 26.2 7.4	3.8 11.1 3.6	0.4 13.8 5.6
9	Propylbenzene Ethyltoluene Trimethylbenzene			2.3 30.5	2.1 1.8	9.2 1.9		
10	n-Decane Buthylbenzene	1.6	1.7	17.5 1.6	5.8	12.4 5.2	5.1	23.5
11	n-Undecane			6.6	0.7	4.4	6.9	29.3
12	n-Dodecane			2.7	0.2	1.3	14.4	11.3
13	n-Tridecane	1.3			0.1		24.4	7.0
14	n-Tetradecane	7.3					8.4	2.3
15	n-Pentadecane	1.0						
	排出濃度 (ppmC)	330	92	34	150	77	45	8

表3 塗装工場排出ガスの炭化水素組成調査結果例

単位: %

炭素数	成分名	工場1 (事務機器) 焼付排気処理装置		工場2 (事務機器) 塗装排気	工場3 (家材) 塗装排気	工場4 (家材) 塗装排気処理装置		工場5 (物置) 排気出口	工場6 (航空機) 塗装排気		
		塗装排気	入口			出口	入口			出口	
2	Ethane, Ethylene Trifluorotrchloroethane Trichloroethylene		15.0 3.7	8.1 4.6		0.9		1.3			
3	Propane, Propylene i-Propylalcohol					5.7			13.7		
4	i,n-Butane i-Butylalcohol Ethylacetate Methyl ethylketone	1.6				24.2		5.7	5.9		
5	Pentane			9.4							
6	Cyclohexane Butylacetate Methylisobutylketone		5.6	1.5				2.7 3.9	19.1		
7	Toluene	2.2	47.7	32.5	22.5	35.9	8.8	24.0	25.7	8.1	23.8
8	Ethylbenzene m,p-Xylene o-xylene	17.4 26.5 8.8	8.4 12.1 2.8	16.8 25.9 8.1	16.9 16.9 9.9	21.0 27.4 7.8	13.8 20.3 7.3	12.2 24.9 7.5	11.9 24.7 7.3	22.9 28.1 12.4	7.6 22.3 8.3
9	n-Propylbenzene m,p-Ethyltoluene o-Ethyltoluene Trimethylbenzene	5.2 3.0 8.1	0.9 0.9 0.9	0.5 0.5 0.5		0.8 1.0 0.8	1.7 2.2 3.1	1.1 4.7 8.5	0.8 4.5 8.1	0.2 1.5 0.9 2.5	
10	m,p-Diethylbenzene o-Diethylbenzene Dimethylethylbenzene	1.0 4.7 7.2	1.9				3.5	5.4	5.7	0.5 1.7	
	排出濃度 (ppmC)	3600	110	200	8000	390	210	74	49	2100	630

類が芳香族炭化水素につく成分として排出されている。

○焼付工程の排出ガスには塗装排出ガスにおけるHC成分の他にプロパン、プロピレン、ブタンなどの燃焼由来成分がみられる。

○排出ガス処理装置の処理方式は調査した施設の内では水洗スクラバーが多く、次が活性炭吸着塔となっている。これらのHCの除去効率スクラバー水や活性炭の新しさなどにもよるがおおむね60~80%程度である。しかし、処理装置の入口側濃度に比べ出口側濃度の高い施設もみられる。

イ 燃焼施設

燃焼施設からの環境大気に対する汚染寄与率は非燃焼施設に比べ低いが、燃焼施設では比較的高い焼却炉、ボイラーの排出ガスについて調査を実施した。また、アスファルトを原料とし、HCの排出量が多いと思われるルーフィング工場の排出ガスについても調査した。

(7) 焼却炉

焼却炉については都市ごみ焼却炉、下水汚泥焼却炉について調査した。

① 都市ごみ焼却炉

都市ごみ焼却炉の調査結果については1984年の当研究所年報ですでに報告した³⁾。ここでは都市ごみ焼却炉排出ガス中の一般的なHC組成の傾向について示した。

調査した都市ごみ焼却炉の燃焼形式は火格子燃焼と流動床炉である。また、焼却能力は150~300t/日である。焼却炉の燃焼条件は酸素濃度が7~11%、燃焼温度が900~1000℃である。プラスチックの混入率は乾燥ベースで8~15%である。排出ガス処理装置として電気集じん器と塩化水素の除去のためのアルカリススクラバーか炭酸カルシウム噴射装置が設置されている。

表4に火格子燃焼式で焼却能力150t/日の結果を示した。都市ごみ焼却炉排出ガスのHC組成の傾向は、HCの排出濃度が1~2 ppmC と低い炉ではメタンが100%を占める。HCの排出濃度が100~200ppmCと高い炉ではメタン、エチレン、プロパン、アセチレン、ベンゼンが主成分で、これらの成分で全成分の70~85%を占めている。このような炉ではHCの濃度変動が大きく0~1000ppmCの範囲で変動している。

メタン、ベンゼン、エチレンなどの焼却炉排出HC成

表4 焼却炉、ボイラー、ルーフィング工場排出ガスの炭化水素組成調査結果例

炭素数	成分名	焼却炉			ボイラー				ルーフィング
		都市ごみ	下水汚泥処理装置 入口	下水汚泥処理装置 出口	重油	灯油	都市ガス	石炭	処理装置 出口
1	Methane	25.8	36.9	62.1	69.4	25.6	86.6	37.6	
2	Ethane Ethylene	0.2	0.8	1.0			7.9	9.9	5.8
		11.3	29.6	18.9				12.9	
3	Propane Propylene, Acetylene	48.7	0.2	0.2				5.3	7.9
			22.5	12.9				8.6	
4	i-Butane n-Butane	0.4	0.1	0.1	0.4		0.4	0.4	2.1
			1.7	0.2	1.5	1.9	5.0	5.0	21.3
5	i-Pentane n-Pentane		0.9	0.3			1.5	1.5	5.2
					6.5	3.2	1.6	2.0	4.9
6	2-Methylpentane 3-Methylpentane Benzene		0.2		0.5	1.7	0.8		8.2
			4.2	3.5	0.3	1.3		0.9	3.6
		12.0			1.3	4.2	0.8	4.1	0.3
7	Toluene	0.2	0.8	0.3	3.7	6.3	1.6	2.5	
8	Ethylbenzene m,p-Xylene o-Xylene		0.1		1.0	0.3		0.6	
			0.1		2.0		0.8	1.5	
			0.5		1.5			0.5	
9	C9					1.6		3.3	
10	C10					3.1		6.1	
11	C11					6.2		8.5	
12	C12					2.7		5.2	
13	C13					2.1		4.9	
14	C14					1.0		3.0	
15	C15					1.5		0.9	
16	C16					0.3			
排出濃度 (ppmC)		30~270	230 ~2500	88~1600	5~9	5	2	50~640	11

分はごみの主な成分であるセルロースやプラスチック類の熱分解生成物で、高温に安定なこれらの成分が残存し、燃焼成分として排出されるものと考えられる。したがって焼却炉排出ガス中の HC 成分は炉の燃焼温度、空気量など炉の運転条件や未燃焼排出ガスの炉内停滞時間差などの炉の構造に影響されていると考えられる。

② 下水処理汚泥焼却炉

調査した下水処理汚泥焼却炉は公共下水道の処理汚泥を高分子凝集剤を用い脱水したものを焼却するもので、焼却能力200t/日の多段式焼却炉である。焼却炉の燃焼条件は酸素濃度が14~15%、燃焼温度900~1000°Cである。排出ガスの処理装置として酸及びアルカリストラバーが設置されている。調査はこの処理装置の入口側と出口側で行った。

5回の測定の実測値を表4に示した。5回の測定における濃度範囲は処理装置の入口側で230~2500ppmC、出口側で90~1600ppmCであった。主な排出成分はメタン、エチレン、プロピレン、アセチレン、ベンゼンで都市ごみ焼却炉の排出成分と同成分であった。

(イ) ボイラー

調査したボイラーは使用燃料が重油、灯油、都市ガス、石炭でいずれも暖房用のものである。調査結果を表4に示した。

① 重油ボイラー

調査したボイラーはA重油燃焼のセクショナルボイラー(伝熱面積30m²)である。全排出HC濃度は5~8ppmCであった。主成分はメタンで全排出HCの60~70%を占めている。この他、ペンタン、ブタン、トルエン、キシレンなどがみられる。これらの成分は燃焼成分であるエタン、エチレンなどより高割合で認められることから、燃料の未燃分が排出されているものと考えられる。

② 灯油ボイラー

全HC濃度は8~10ppmCであった。主成分はメタンであるが、全HC濃度に占める割合は27%で重油ボイラーより低い値となっている。

次に多い成分はヘキサン、ヘプタンなどのC₆~C₇の脂肪族炭化水素で、次がベンゼン、トルエンなどの芳香族炭化水素である。この他、灯油の成分であるC₁₆までの脂肪族炭化水素が認められ、未燃成分の排出を示している。

③ 都市ガスボイラー

全HC濃度は2~3ppmCであった。主成分はメタンで、全HC濃度の85%を占めている。この他、トルエン、キシレンと都市ガスの主成分であるブタンが少量認められる。

④ 石炭ボイラー

石炭ボイラーは都内でほとんど使用されておらず、調査も1施設で実施したのみである。

全HC濃度は50~100ppmCで、ボイラーの稼働時の濃度に比べ石炭がくすぶっている停止時の濃度が約8倍高くなっている。主成分はメタンで、他の燃焼成分と合わせると全HC濃度の70~80%となる。残りはトルエン、キシレンである。

(ウ) ルーフイング工場

調査結果を表4に示した。排出ガスはガラスウールのプレートを通した後、活性炭層を通す方式の処理装置で処理されている。

全HC濃度は処理装置の入口側で40ppmC、出口側で11ppmCであった。

HC成分はC₄~C₁₅の脂肪族炭化水素で全HC濃度の90%を占めている。

(2) 環境大気中のHC組成調査

環境大気試料は液体酸素を用い低温濃縮し、APGLカラムを用いGC分析した場合に約60ピークに分離されるが確認同定した主な成分を表1に示した。

1972年と1980年の調査結果については既に報告したが、⁴⁾⁵⁾⁶⁾今回は1984年の結果を含めて解析した。

ア HC組成割合の経年変化

表5に1984年に実施した都心、工場、住宅の各地域の調査で同定されたHC成分について、全HC成分の合計濃度に対する割合(以下存在割合)を求めた結果を示した。

また、図1に1972年からのHC組成割合の経年変化を1972年の結果を基準にし、炭素数別にまとめて示した。

表5に示した1984年の調査結果についてみると、最も存在割合の高い成分は、工場及び住宅地域では測定数が少ないが前回までの調査と同様にトルエンである。都心地域及び自動車トンネルでは前回まで最高割合を示していたトルエンから都心地域ではn-ペンタン、自動車トンネルではn-ブタンに変わっている。

このトルエン、キシレン等の芳香族HCの減少は図1

表5 環境大気及び自動車トンネル中の炭化水素組成調査結果

炭素数	成分名	都心地域 (東京都公害研究所)	工場地域 (糀谷総合測定室)	住宅地域 (多摩総合測定室)	自動車トンネル (千代田トンネル)
2	Ethane, Ethylene	7.6	5.7	5.0	10.6
3	Propane Propylene Acetylene	7.0	3.4	6.8	5.6
4	i-Butane	5.0	1.5	1.4	3.6
	n-Butane	10.9	5.7	10.5	12.4
5	i-Pentane	11.6	1.4	5.1	9.0
	n-Pentane	15.0	6.0	5.1	8.8
6	2-Methylpentane	3.5	1.8	1.7	3.9
	3-Methylpentane	2.0	1.0	1.0	2.4
	n-Hexane	3.3	1.3	1.9	2.9
	Benzene	5.7	3.2	5.9	8.8
7	Toluene	9.9	16.9	12.9	9.7
8	Ethylbenzene	1.3	4.7	4.0	1.8
	m,p-Xylene	3.4	11.0	7.7	5.4
	o-Xylene	2.6	5.7	3.4	2.3
測定数		10	3	3	3

に示した炭素数別のHC組成割合の経年変化から、都心地域の他に住宅地域でもみられる。都心、住宅の各地域では1973年から経年的にトルエン、キシレン等の芳香族HCが減少し、ペンタン、ブタン等の脂肪族HCが増加している。この傾向は自動車トンネルの場合にもみられる。

工場地域の場合はトルエンの経年的な減少はみられるが、キシレンの減少はみられず、上記地域と異なる傾向を示している。

この都心、住宅の各地域や自動車トンネルにみられるトルエン、キシレン等の経年的な減少の原因は自動車排

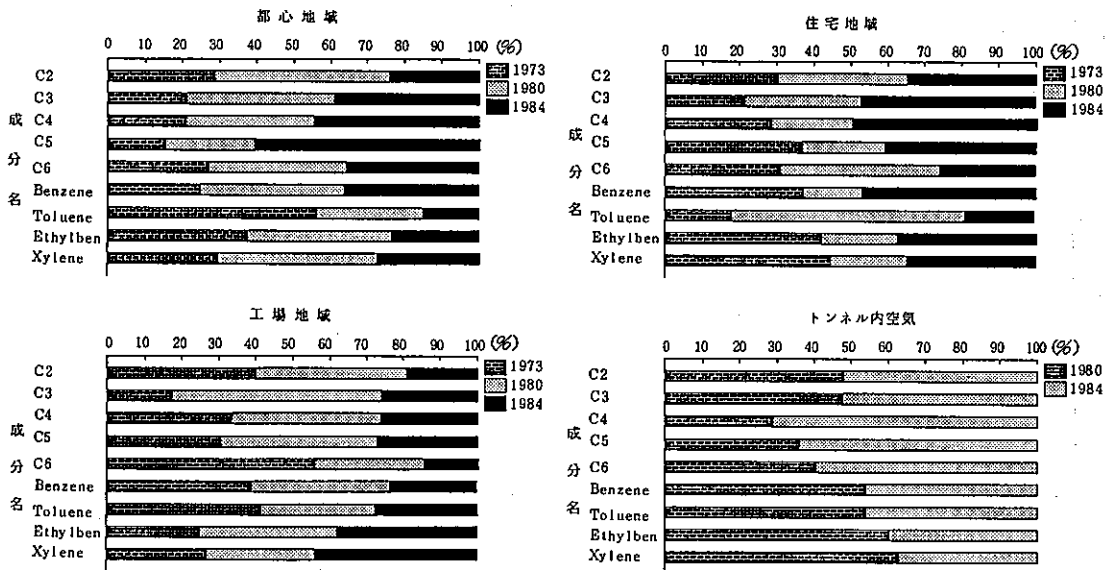


図1 炭化水素成分組成割合の経年変化

出ガス対策として触媒装置を取り付けた車両が増加したことが挙げられる。自動車排出ガス対策として取り付けられている触媒装置のHC組成への影響については既に報告したが、触媒装置取り付け車両の排出ガスはトルエン、キシレン等の芳香族HCが減少し燃焼成分であるエチレン、アセチレン、プロピレン等のC₁~C₂の脂肪族HCの割合が増加する。

このような環境大気中での芳香族HCの減少は印刷工場や塗装工場など、芳香族HCを多く使用するHC排出源への規制が進展することにより今後さらに進むものと思われる。

イ 環境大気中HCに影響を与える発生源の推定

環境大気中の主なHC成分は炭素数の順に挙げると、エタン、エチレン、プロピレン、アセチレン、イソブタン、n-ブタン、イソペンタン、n-ペンタン、2-メチルペンタン、3-メチルペンタン、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、m、p-キシレン、o-キシレン

等である。これらの成分の排出源はこれまでの調査結果をもとにまとめてみると表6のとおりである。

また、これら成分の成分間比（イソブタン/n-ブタン、イソペンタン/n-ペンタン、2-メチルペンタン/3-メチルペンタン、エチルベンゼン/o-キシレン、m、p-キシレン/o-キシレン）をそれぞれの発生源の排出ガスと環境大気中のHCについて求めてみると図2のとおりである。

表6から環境大気中HCに影響を与えていると思われる主な発生源は固定発生源では印刷、塗装工程を有する工場や都市ごみ焼却炉等であり、移動発生源ではガソリン自動車である。しかし、環境大気中のHC組成パターンは図2に示した成分間比からみると都心、工場、住宅の各地域ともガソリン自動車排出ガスや自動車トンネルの成分間比と類似し、固定発生源のHC組成パターンと異なっている。このことから環境大気中HC組成に影響を与える発生源は固定発生源に比べ自動車排出ガスの方

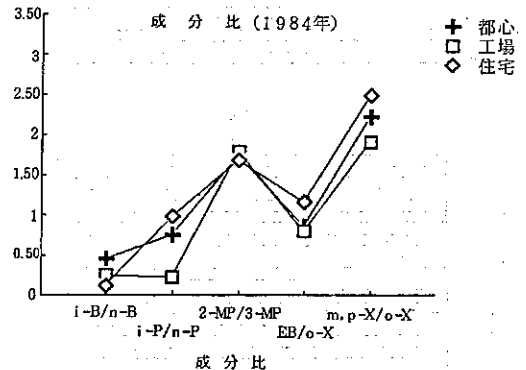
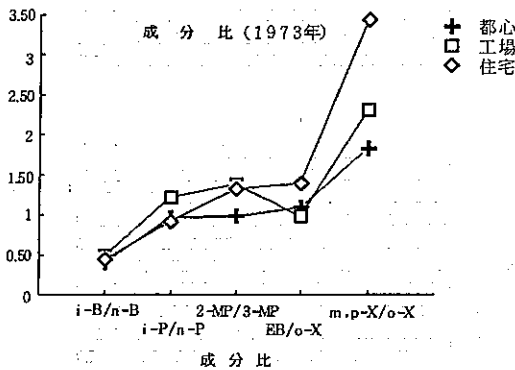
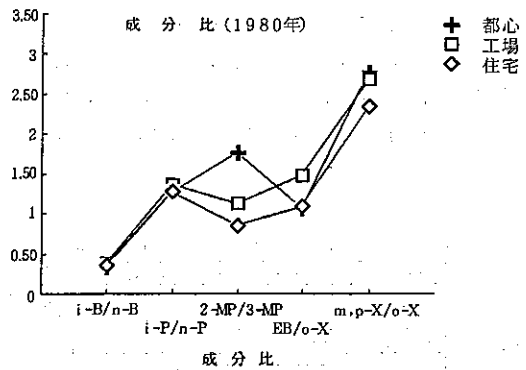
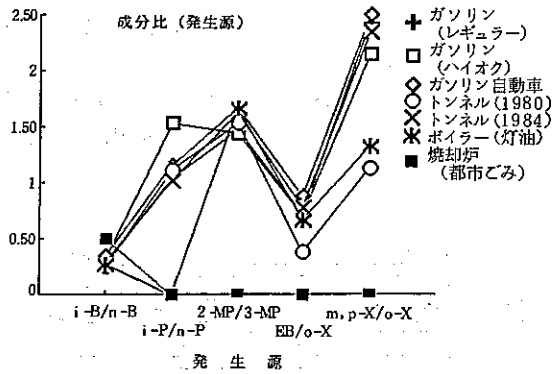


図2 発生源及び環境大気中炭化水素成分の成分間比

表6 環境大気中HC組成に影響を与える発生源

炭素数	成分名	発生源
2	エタン, エチレン, アセチレン	燃焼施設, 自動車
3	プロパン, プロピレン	燃焼施設, 自動車
4	ブタン類	都市ガス, LPGの主成分 ガソリン蒸気の主成分 LPG自動車 都市ごみ焼却炉
5	ペンタン類	ガソリン蒸気の主成分 ガソリン自動車
6	メチルペンタン類, ヘキサン	ガソリンの主成分 ガソリン自動車
6	ベンゼン	ガソリンの主成分 ガソリン自動車 都市ごみ焼却炉
7	トルエン	ガソリンの主成分 印刷, 塗装工場 ガソリン自動車
8	キシレン類	ガソリンの主成分 印刷, 塗装工場 ガソリン自動車

が強いことがうかがえる。この傾向は1973年当時から続いている。

4 まとめ

昭和47年度から昭和60年度まで環境大気や発生源のHC調査を行った。この調査結果のうち移動発生源の部分については61年に年報で既に報告した¹⁾。今回は固定発生源と環境大気の調査結果について報告した。

次のようなことがわかった。

1. 印刷工場から排出されるHCの主成分はキシレン, イソプロピルアルコール, デカン等でトルエンの排出例は少ない。
2. 塗装工場から排出されるHCの主成分はトルエン, エチルベンゼン, キシレン, メチルエチルケトン等であった。
3. 燃焼施設から排出されるHC成分は, 各施設とも燃焼成分の他に使用燃料や焼却原料の未燃分が微量ながら含まれる。未燃分の濃度は排出ガスの炉内での滞留時間に左右される。
4. 環境大気中のHC組成は調査を開始して以来, 自動

車排出ガスと類似している。

5. 自動車排出ガス対策の進展とともに環境大気中のHC組成はトルエン, キシレン等の芳香族HCが減少し, ペンタン, ブタン等の脂肪族HCが増加している。

参考文献

- 1) 泉川碩雄ら: 大気中の炭化水素組成の経年変化, 東京都環境科学研究所年報1987, p26.
- 2) 環境庁大気保全局編集: 炭化水素類排出抑制マニュアル, ぎょうせい p159.
- 3) 泉川碩雄ら: 都市ごみ焼却炉の排出ガス中の炭化水素組成について, 東京都環境科学研究所年報1984, p20.
- 4) 泉川碩雄ら: 大気中の炭化水素組成について, 東京都環境科学研究所年報1981, p69.
- 5) 泉川碩雄ら: 大気中の炭化水素組成について, 大気汚染学会講演要旨集, 171 (1980).
- 6) 泉川碩雄ら: 固定発生源排出ガス中の炭化水素組成について, 大気汚染学会講演要旨集, 421 (1985).