

都市ごみ焼却炉の排出ガス中の炭化水素組成について

泉川 碩雄 岩崎 好陽 中浦 久雄
谷川 昇 朝来野 国彦

1 はじめに

炭化水素（HC）は、光化学オキシダント生成の要因物質であることから、移動及び固定発生源に対し種々の削減対策が進められ、特に移動発生源で進展した。

これによりHC総排出量に対する移動発生源の寄与率は、1970年頃が約70%であったのが、最近では約20%に低下したと推定されている。

このように1970年頃と最近とでHC発生源の構成が変化したことから大気中のHCも質的に変化していることが予想された。しかし、先きに報告した、1978年から1980年の野外観測結果¹⁾では、顕著な組成の変化は認められなかった。この原因には、固定発生源の実排出量の把握が難しいこと（過大に見積る）や移動発生源と類似した組成パターンを持つ固定発生源の存在が考えられる。

気象条件によっては、依然として光化学スモッグ注意報が頻発する現状を改善するには、更にHCの削減強化が必要となるが、環境大気への規制効果を正

しく評価するには、各発生源のHC組成の正確な把握が必要である。

筆者等は、測定例の少ないディーゼル車、都市ごみ焼却炉、暖房用ボイラについて、また、寄与率の大きい印刷、塗装工場についてそれぞれの排ガスのHC組成調査を実施している。

今回は、都市ごみ焼却炉の排ガスのHC組成について報告する。

2 調査方法

(1) 調査施設の概要

調査対象施設の内容及び調査期間を表1に示した。

(2) HC成分の測定

ア 排ガスの採取

排ガスの採取は、酸素、一酸化炭素等の連続自動分析計の排ガス採取用ポンプに分岐管を付け、分析計への排ガスの一部をバッグに採取する方法で行った。なお、分析計への排ガスの採取系は、煙道にある採取口

表1 調査施設の概要

調査施設名	炉メーカー	燃焼形式	焼却能力 (t/日)	排ガス量乾き (Nm ³ /時)	排ガス 処理装置	ごみ質（プラスチック類混入率乾き%）	調査期間
調布市二枚橋衛生組合 (N炉)	タクマ	火格子燃焼	150	25,000	電気集じん器 HCl除去 (CaCO ₃ 噴射)	12	1981年12月1日～12月4日 1982. 12. 7 ~ 12. 8 1983. 6. 29 ~ 6. 30
八王子市館清掃工場 (H炉)	日本鋼管	火格子燃焼	150	25,000	電気集じん器 HCl除去 (アルカリ洗浄)	12	1982. 6. 10 ~ 6. 14
町田リサイクルセンター (M炉)	石川島播磨	流動床炉	150	25,000	電気集じん器 HCl除去 (CaCO ₃ 噴射)	15	1982. 6. 21 ~ 7. 1 1983. 2. 9
板橋清掃工場 (I炉)	日本鋼管	火格子燃焼	300	50,000	電気集じん器 HCl除去 (CaCO ₃ 噴射)	8	1982. 11. 16 ~ 11. 24

注) プラスチック類とは、ビニール・合成樹脂・ゴム・皮革類をいう。

にセラミックフィルターを付けた排ガス採取用フランジを取り付け、そこからドレインポット、除湿用電子冷却器、排ガス採取用ダイヤフラムポンプの順になっている。配管は、テフロン管を使用した。

イ 排ガスのガスクロマトグラフ分析

バッグに採取した排ガスは、24時間以内に水素炎イオン化検出器付ガスクロマトグラフ(FID-GC)で分析を行った。

排ガスのガスクロマトグラフ(GC)分析は、2種類の分離カラムを使用し、メタン・エタン・エチレン・プロパン・プロピレン・アセチレンの炭素数1~3(C₁~C₃)のHC成分と、C₄以上のHC成分に分けて分析を行った。

(ア) C₁~C₃ HCの分析

C₁~C₃HCの分析は、バッグより、図1のガス濃縮装置の濃縮管部に容量5mlの計量管を設置したガス計量装置を用い排ガスを5ml分取し、GCに直接導入し行った。

分析条件は次のとおりである。

- ・使用機器：島津GC-3BF
- ・分離カラム：VZ-10 3mmφ×3m ステンレス
- ・カラム温度：50°C
- ・キャリアーガス流量：窒素(N₂)40ml/min.

HC成分の同定は、標準物質を使用し求めた保持時間と対比し行った。

各HC成分の定量は、メタン(CH₄)6.33ppm、プロパン(C₃H₈)6.09ppmC; N₂希釈の高圧容器入り標準ガス(高干穂製)を、試料ガスと同様に分析し、得た単位炭素数当りのピーク面積と比較する方法(相対感度法)で行った。なお、計算は、C₁はCH₄の値を、他の成分はC₃H₈の値を基準とした。

(イ) C₄以上のHCの分析

C₄以上のHCの分析は、バッグより図1の濃縮装置を用い排ガスの100ml~1lを液体酸素で冷却濃縮する。その後、濃縮試料をGCに150°Cで加熱追い出し導入する方法で行った。

分析条件は次のとおりである。

- ・使用機器：島津GC-5A
- ・分離カラム：Apiezone grease-L (APG-L)
25% - Chromosorb W AW DMCS
60/80メッシュ 3mmφ×6m ステンレス

・カラム温度：50→250°C 4°C/min昇温

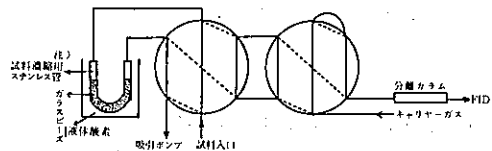
・キャリアーガス流量：N₂ 40 ml/min

HC成分の同定は、標準物質を使用し求めた保持時間と対比する方法と、不明ピークはガスクロマトグラフ質量分析計を用い行った。

各HC成分の定量は、上記の高圧容器入り標準ガスのC₃H₈を基準とした相対感度法で行った。

(3) 自動分析計による排ガスの連続測定

HC成分の測定の他にFID検出器付連続HC計(THC計)による全の連続測定や炉の燃焼状態を把握するため磁気式酸素計による酸素(O₂)濃度の測定を行った。また、炉内温度の把握も工場既設の温度計の記録を用いて行った。



(注) ガス計量装置は試料濃縮用ステンレス管を計量管にかえたもの。

図1 ガス計量装置と濃縮装置

3 結果と考察

(1) 焼却炉の運転状況

調査時の各焼却炉の運転状況を表2に示した。

これによると、ごみの焼却量は、1982年のN炉及

表2 焼却炉運転状況

施設名	調査年	ごみ焼却量 (t/時)	炉出口温度 (°C)	酸素濃度 (瞬間値%)
N 炉	1981	4.8	900~990	
	1982	7.0	950~1,050	8~16
	1983	4.8	840~1,000	9~13
H 炉	1982	4.2		
M 炉	1982	4.8	900~950	2~13
	1983	6.5	900~950	
I 炉	1982			9~13

び1983年のM炉が設計量いっぱいであったが、他は設計量の約70%であった。

炉内温度は、炉出口のガス温度でみると、各炉とも900~1,000℃の範囲で、N炉に多少温度変動がみられるが、安定している。

排ガスのO₂濃度は、M炉を除くと、各炉とも瞬間濃度が8~16%の範囲にあった。M炉は、2~13%で、低酸素状態への変動がみられ、不安定な燃焼状態にあると予想される。

(2) 排ガスのHC成分組成

ア 排ガスのHC成分

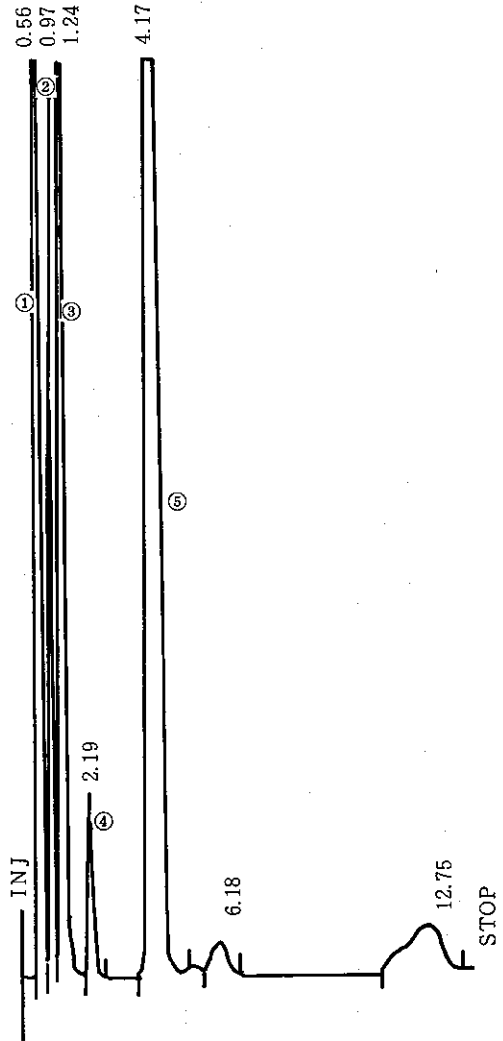
排ガスの分析で得られた代表的なガスクロマトグラムを図2~4に示した。

各炉のクロマトグラムのパターンは、I炉を除くと類似しており、また、各炉の採取時刻による変化も少なかった。

図2は、VZ-10カラムによるC₁~C₃HCのクロマトグラムである。このカラムでは、プロピレンとアセチレンの分離ができないが、メタン、エタン、エチレン、プロパンのC₁~C₃HC成分の分離は良好である。

図3と図4は、APG-LカラムによるC₄以上のHCのクロマトグラムである。図3のクロマトグラムは、最も多くみられるもので、ベンゼンが特異的に大きなピークを示している。図4のクロマトグラムは、N炉で1981年の高濃度時にみられたもので、ベンゼンや他の芳香族HCが全体に高いピークを示している。

これらのクロマトグラムで同定された成分を表4に示した。同定されたピークは、全検出ピークの80~99%を占めている。これらの成分は、いずれも、自動車排気ガスや、大気中で見出されるものである。



番号はピーク番号を示す。

図2 VZ-10によるC₁~C₃HCの分析例

表3 排ガスのHC濃度

単位：ppmC

施設名	調査時期	一時間値			瞬間値		一時間当りの総排出量 (g)
		平均	最大	最小	最大	最小	
N 炉	1981年12月1日~12月4日	119	680	20	1,000以上	10	2,600
	1982年12月7日~12月8日	207	340	80	820	10	4,400
	1983年6月28日~6月30日	134	800	10	1,000以上	10	2,900
H 炉	1982年6月10日~6月14日	ND	ND	ND	100以上	ND	-
M 炉	1982年6月29日~7月1日	36	130	ND	1,000以上	ND	750
I 炉	1982年11月16日~11月24日	ND	ND	ND	ND	ND	-

注1) H炉におけるNDとは 5 ppmC 未満をいう。

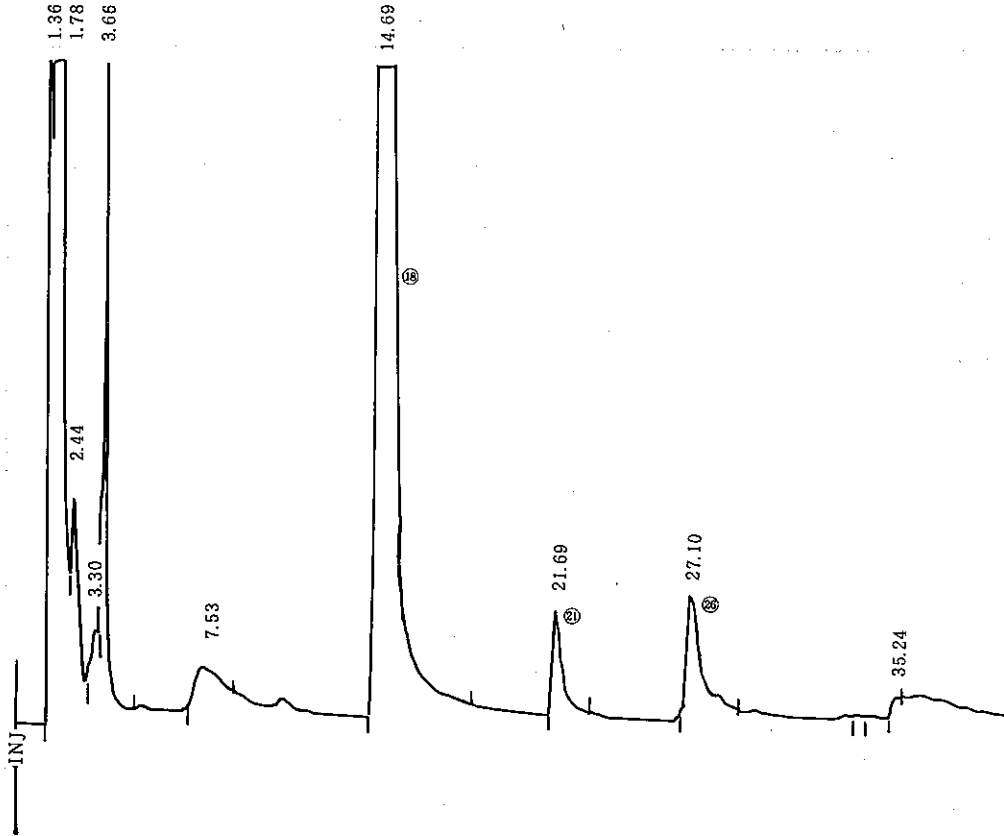
2) M炉 " 10 "

3) I炉 " 5 "

4) 瞬間値の最大値は、スケールオーバーした場合にフルスケールの値以上とした。

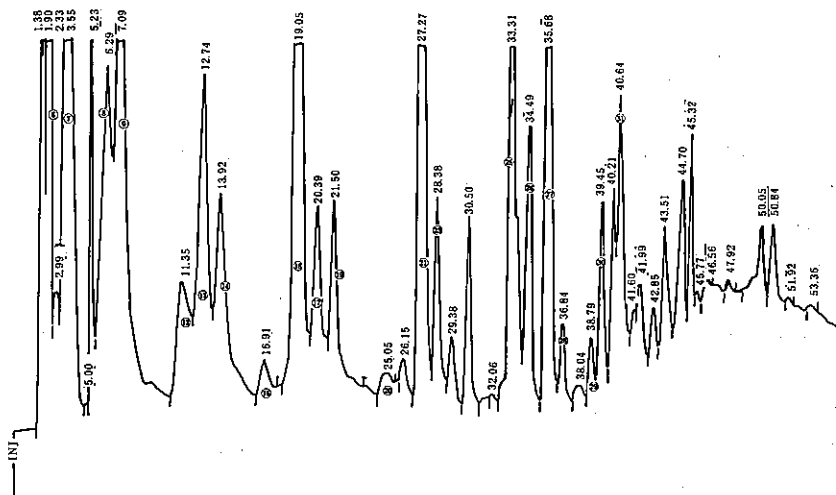
5) 一時間当りの総排出量は次式により求めた値である。

$$\text{一時間当りの総排出量} = \text{一時間平均濃度 (ppmC)} \times 10^{-6} \times \text{一時間当りの排ガス量 (Nm}^3\text{)} \times 10^3 \times \text{メタン分子量} / 22.4$$



番号はピーク番号を示す。

図3 APG-LによるC₄以上のHCの分析例



番号はピーク番号を示す。

図4 APG-LによるC₄以上のHCの分析例

表 4 炭化水素成分組成割合

単位：%

炭素数	ピ番号	成分名	調布市二枚橋衛生組合		八王子市館	町田市リサイクルセンター	
			50ppmC以下	50ppmC以上		50ppmC以下	50ppmC以上
1	①	メ タ ン	24.2	23.5	61.1	44.4	25.3
2	②	エ タ ン		0.4			
	③	エ チ レ ン	8.3	10.0		8.2	1.3
3	④	プ ロ パ ン					
	⑤	プ ロ ピ レ ン, アセチレン	37.9	37.3		5.4	13.7
4	⑥	イ ソ ブ タ ン	3.6	10.8	6.8		3.1
	⑦	n - ブ タ ン					
5	⑧	イ ソ ペ ン タ ン					
	⑨	n - ペ ン タ ン	0.9	0.5			0.2
	⑩	2 - メ チ ル - 1 - ブ テ ン					
6	⑪	2, 2 - ジ メ チ ル ブ テ ン					
	⑫	2 - メ チ ル ペ ン タ ン					
	⑬	3 - メ チ ル ペ ン タ ン					
	⑭	n - ヘ キ サ ン	5.0	0.8	4.7	0.8	1.0
	⑮	メ チ ル シ ク ロ ペ ン タ ン					
	⑯	2 - メ チ ル ヘ キ サ ン					
	⑰	シ ク ロ ヘ キ サ ン					
	⑱	ベ ン ゼ ン	11.2	14.3	7.2	18.2	42.7
7	⑲	n - ヘ プ タ ン					
	⑳	メ チ ル シ ク ロ ヘ キ サ ン					
	㉑	ト ル エ ン	0.5	0.6	1.1	1.9	4.1
8	㉒	4 - メ チ ル ヘ プ タ ン					
	㉓	n - オ ク タ ン					
	㉔	1, 4 - ジ メ チ ル シ ク ロ ヘ キ サ ン					
	㉕	エ チ ル ベ ン ゼ ン	0.4	0.4			
	㉖	m, p - キ シ レ ン	0.1	0.1	4.6	0.5	3.6
	㉗	o - キ シ レ ン		0.3			0.2
9	㉘	イ ソ プ ロ ピ ル ベ ン ゼ ン					
	㉙	n - プ ロ ピ ル ベ ン ゼ ン					
	㉚	m - エ チ ル ト ル エ ン					
10	㉛	n - デ カ ン			7.2		
計			92.1	98.6	92.7	79.4	95.2
炭化水素成分合計濃度範囲 (ppm C)			12.5 ~ 1,130		1.4 ~ 3.2	2.8 ~ 800	

- 注 1) 調布市二枚橋は、1981年～1983年の全調査の値である。
- 2) 八王子市館は、1982年の値である。
- 3) 町田市は、1982年～1983年の全調査の値である。

なお、APG-Lカラムでは、飽和HCと不飽和HCの分離が不十分で、特にC₄のブタンからC₆のヘキサンの保持時間内のHC成分には不飽和HCが重なっている可能性がある。このため、表4の脂肪族HCの濃度などは、同一炭素数の成分ごとにとまとめて示した。

イ 排ガスのHC濃度

各炉における調査期間中のTHC計による総炭化水素濃度（THC濃度）の結果を表3に示した。

これによると、THC濃度の一時間値は、N炉が120～210 ppmC、M炉が40 ppmCで、他の炉は測定限界以下（ND）であった。この平均濃度と排ガス量から一時間当りの総排出量を求めると、N炉が2,600～

4,400 g、M炉が750 gであった。

排ガスの瞬間濃度の変動は、N炉とM炉がNDから1,000 ppmC以上の範囲であった。この変動の傾向は、N炉が変動持続時間が長いのに対し、M炉は、ノイズ的な変動を示している。H炉は、ND～100 ppmC以上の変動が調査中に3回認められただけで、通常はNDであった。

ウ HC成分組成割合

各炉の全調査で得られた全検出成分の合計濃度（全HC成分濃度）と全HC成分濃度に対する各HC成分の割合（HC成分組成割合）を表4に示した。

なお、濃度変動の大きい炉では、排ガスの採取を、

THC計でモニターしながら、低濃度時(50ppmC未満)と、高濃度時(50ppmC以上)に分けて行なった。

これによると、HC成分組成割合は、各炉及び、THCの低濃度時や高濃度時のいずれの場合にも、メタン、エチレン、プロピレン、アセチレン、ベンゼンが主要成分で、これらの成分で全成分の70~85%を占めている。

これは、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のうち、高温に安定なメタン、ベンゼン、エチレン、プロピレン、アセチレンが残存し、燃焼生成物として排出されるものと考えられる。これら燃焼生成物の炉による組成差は、焼却温度や空気量など、炉の運転状態や未燃焼排ガスの炉内停滞時間差など炉の構造差が関与しているものと考えられる。

これらの排ガス成分は、燃焼分解がさらに進むとM炉の低濃度時のようなメタンが主成分を示すパターンを経て完全燃焼すると考えられる。

エ 焼却炉の運転状態とHC濃度の関係

N炉で連続測定したTHC、酸素(O₂)、炉温の記録の一部と、ごみ投与時刻を図5に示した。

これによると、ごみはクレーンで1.6tずつホッパーを介し、炉に投入されているが、この投入間隔が長くなると燃焼物が不足するため炉温の低下とO₂濃度の上昇、THC濃度の低下がみられる。また、細かなO₂濃度の変動とTHC濃度の変動が負の状態一致している。O₂濃度が10%以下になると、THC濃度の上昇がみられ、約8%で1,000ppmCを超える値がみられる。

THC濃度への炉温変動の影響は表4に示したN炉のTHC濃度の低濃度と高濃度とでHC組成に大きな差がみられていないことから、900~1,000°C程度の変動では少ないと考えられる。

4 ま と め

大気中のHC成分組成に影響を与えるHC発生源を解明するため、発生源別に排出HC成分の調査を実施している。今回は、都市ごみ廃棄物処理場の排出HC

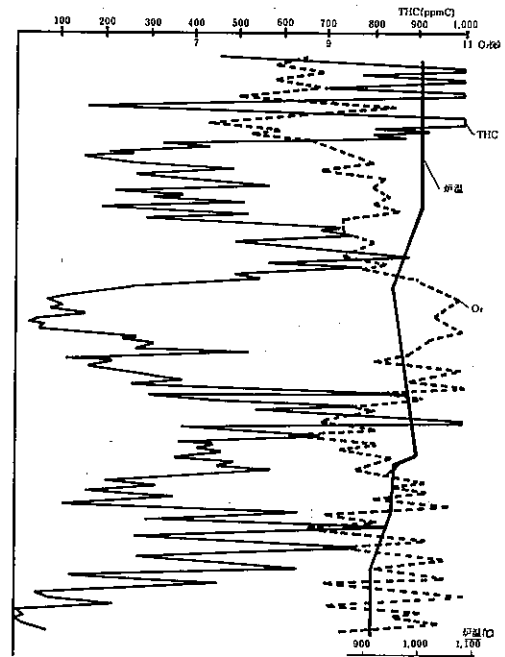


図5 THC、O₂、炉温の連続測定チャート(N炉)

成分の調査結果を報告した。

調査から次のようなことがわかった。

- ① ごみ焼却炉排ガスのTHC濃度の一時間平均は、300t炉では測定限界以下であり、150t炉では測定限界以下から200ppmCであった。その総排出量は、ごみ1t当り最大600gであった。
- ② HC成分組成は、メタン、エチレン、プロピレン、アセチレン、ベンゼンが主要な成分で全成分の70~85%を占める。これらの成分は、大気中や自動車排ガス中に見出されるものであった。

参 考 文 献

- 1) 泉川碩雄ほか：東京都公害研究所年報，69，(1981)。