

(48) ごみのバッチ燃焼時に発生する排ガス成分の測定

Measurement of Gaseous Components from Batch Combustion of Solid Waste

岩田憲和*、藤原健史*、高岡昌輝*、武田信生*

Norikazu IWATA*, Takeshi FUJIWARA*, Masaki TAKAOKA* and Nobuo TAKEDA*

ABSTRACT ; Air pollutants which are emitted from municipal refuse incinerators, like chlorinated organic compounds, are generated corresponding to the state of combustion in the furnace. The combustion behavior of wastes is very complicated because the solid waste consists of various kinds of components and its reaction such as drying and combustion proceeds from the surface to the center of the solid, with time. In this paper, two types of experiments, each of which uses an electric furnace or an actual batch combustor, are conducted to analyze pyrolysis and combustion processes of the solid waste. CO, CO₂ and hydrocarbon concentrations are continuously measured in each experiment. Hydrocarbons with low boiling point, which are major gas components generated at waste combustion and pyrolysis, were measured semi-continuously by a micro gas chromatograph, and concentration of total unburned hydrocarbons are measured as total organic carbons by a gas chromatograph. It was shown that the flow rate of the total organic carbon was similar to that of the CO. The similar and different of the gas generation processes in the electric furnace and the batch combustor were discussed.

KEY WORDS ; solid waste, pyrolysis and combustion, batch combustor, electric furnace, measurement of gas concentration,

1 はじめに

ごみは、人の経済、社会活動の場から不要物質として排出されるものであり、生産物は潜在的にすべてごみになり得るものである。大量生産・大量消費社会である今日、そこから排出されるごみは多種多様であり、量もますます増加し、その処理は現代の社会が抱える大きな問題の1つとなっている。日本では国土が狭く埋め立て用地が不足していることもあり、ごみを減量化し安定化させることのできる焼却処理が都市ごみ処理の主流となっているが、一方で、焼却にともなう環境汚染が問題となっている。

ごみ焼却炉では、燃焼が不安定になると未燃焼ガスが多量に発生し、その中にはダイオキシン類やその前駆体物質が含まれることから、有機分を完全に酸化し未燃焼ガスを出さない精密な燃焼が求められる。そのためには、ごみの燃焼時に生成する排ガス成分、およびその生成過程について十分な知見を得ておくことが不可欠である。高月¹⁾と片柳²⁾は、都市ごみの燃焼時および熱分解時の生成ガスについて詳細な分析を行ったが、ガス生成の経時変化までは注目していなかった。難波³⁾は RDF を試料として熱分解ガスおよび燃焼ガスの経時変化を測定し、渡辺⁴⁾は都市ごみ焼却施設の排ガス中に含まれる低級ハロゲン化炭化水素の連続測定を行った。このような炭化水素の連続測定は、燃焼の安全性をモニタリングする上で重要である。われわれは、ある程度の大きさや形状を持つ紙、プラスチック、厨芥などの固形物を電気炉で熱分解あるいは燃焼させ、固形物の重量変化と生成ガス (CO、CO₂、NO_x、SO_x) について経時変化を求めた⁵⁾。本研究では、

* 京都大学大学院工学研究科環境工学専攻 (Dept. of Environ. Eng., Graduate School of Eng., Kyoto Univ.)

上記のガスのほかに、自動サンプリングと自動分析が行なえるマイクロ GC を用いて炭化水素を半連続的に分析した。また、全未燃炭素を連続で測定できる分析装置を作成し、ガス分析を行って結果を評価した。

以上の分析実験は電気炉において小さいごみサンプルを熱分解あるいは燃焼させて生成する排ガスを対象に行った。しかし、実際のごみは大きさの多様性、形状の複雑性、成分の不均一性、水の偏在性などの諸性質を持つ。したがって、電気炉における燃焼実験が実際のごみ燃焼をどの程度表現できているかを確かめておく必要がある。そこで本研究では、バッチ燃焼プラントにおいてバーナ出力や吹き込み空気量などの操作条件を変えながら、模擬ごみを燃やして生成ガス成分の経時変化を調べ、電気炉における測定結果との関連性について考察した。

2 電気炉における熱分解ガスおよび燃焼ガスの分析

都市ごみの代表的組成である紙、プラスチック類について熱分解特性および燃焼特性を調べるために、電気炉においてそれぞれを熱分解および燃焼させ、炭化水素を含む生成ガスの濃度と重量変化を連続測定した。

2. 1 実験内容

(1) 実験装置

実験で使用した燃焼装置のフローシートを図1に示す。

1) 電気炉

炉部分は、内径 66mm 長さ 600mm のアルミナ管とし、縦型管状電気炉（アドバンテック製 KT-1556 特性）で加熱する。試料は、空気が十分通るようにステンレスの針金で編んだかご（20mm×20mm×高さ 15mm）に封入し、ステンレス製のシャーレ（直径 50mm）に載せる。シャーレは、加熱中の重量を測定するために、ステンレスの針金に吊るして、針金の先を電子天秤（島津ロードセル式電子天秤 EL-120HA）のフックに引っ掛ける。実験前に電気炉でアルミナ管を加熱しておき、管内が所定の温度になった頃に、試料をアルミナ管の中央の高さにくるように引き上げる。アルミナ管の下部は試料をセットするために開閉可能となっており、上部には排ガス抜き出し口と針金用の孔のあるガラス製ふたを取り付けている。炉温は電気炉の温度調節器で一定制御される。

2) ガスの流れ

キャリアガスとして、窒素または空気がポンプより供給され、乾式ガスメータ A（シナガワ model DC-1A）と弁 A を通過した後、アルミナ管に下部より入る。生成した熱分解あるいは燃焼ガスは、アルミナ管の上部より出て、円筒ろ紙（アドバンテック製 thimble filter 88R）、グラスウールを詰めたガラスびん、氷冷された 2 本のカルシウム管（塩化カルシウムを封入）を通る。このとき、円筒ろ紙とタール溜中のグラスウールによってダストとタール分（高沸点炭化水素化合物）のほとんどがトラップされ、塩化カルシウムで水分がトラップされる。アルミナ管上部のガラスふたから円筒ろ紙にかけてはリボンヒータおよびマントルヒータで 160℃ に保温されており、その後、ガス温度は下がって U 字管の出口付近で室温程度になる。U 字管から出たガスは、500mL 試薬びんで温度や濃度が均一化された後に、乾式ガスメータ B（シナガワ model DC-1A）

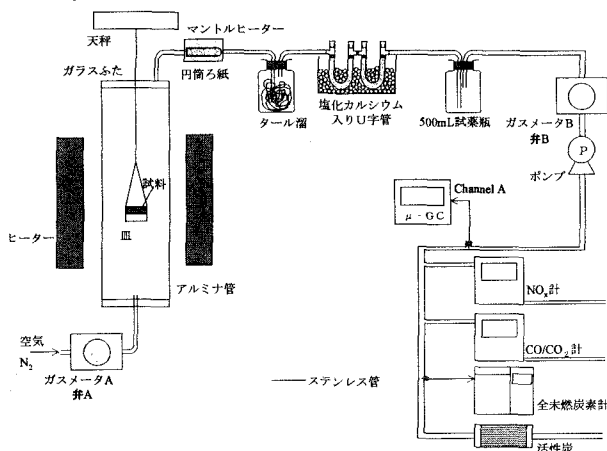


図1 電気炉とガスサンプリング方法

と弁Bを通過し、エアープンプ（イワキエアープンプ APN-215M）で吸引される。その後、エアープンプを抜けたガスの一部は濃度分析に用いられ、残りは活性炭で処理されて屋外に排出される。

キャリアガスの流量は弁Aを用いて約10L/minに調節し、燃焼ガスが系外に出ないように炉内を負圧にする必要性から、弁Bを調節してポンプの吸引流量をキャリアガスの流量よりも多い約15L/minに設定する。この場合、アルミナ管の上部に設けた針金用の孔や円筒ろ紙の固定部分から、空気のリークが生じることになる。

3) ガス濃度の分析

エアープンプから出たガスの一部がNO_x計（島津NO_x-O₂測定装置NOA-7000）、CO計（島津赤外線式ガス濃度測定装置CGT-7000）に導入され、それぞれのガス濃度が測定される。本研究では、新たにマイクロガスクロマトグラフ（クロムパック製 マイクロGC CP2002）を用意し、そのカラムA（Polaplot Q）にエアープンプ後のガスの一部を導入し、サンプリング周期（160秒）ごとに連続してガス濃度（特に炭化水素濃度）进行分析する。

これらのガス分析計とは別に、排ガス中に含まれる未燃炭素の全濃度を連続的に測定するため、全未燃炭素計を作成した。この計測器はFIDを用いたガスクロマトグラフ（GLサイエンス製GC-353B）とそのガスクロにサンプルガスを定流量供給するガスサンプラーから構成されている。装置の概略を図2に示す。

ガスクロマトグラフは抵抗管を通過した未燃炭素を含むガスをFIDでイオン化し、電極間に流れる電流を増幅して出力する。キャリブレーションは、濃度が既知のCH₄を用いて行ない、全体の未燃ガス濃度をCH₄濃度で表わすことにした。

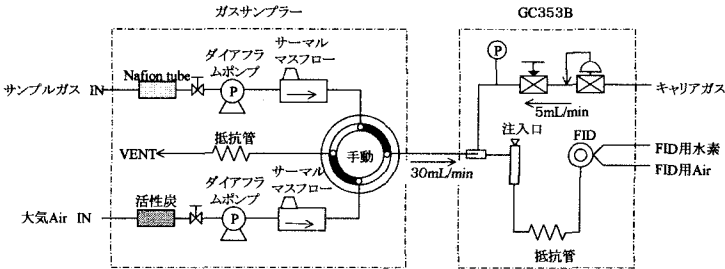


図2 全未燃炭素計

(2) 供試試料

試料として、紙（新聞紙）、プラスチック（PE、PS、PVC）を用いた。紙については、新聞紙を2cm×2cmに切ったものを用い、含水率が0%のものと40%のものを用意した。含水率の調整については、試料をまず絶乾状態にしてから、所定の含水率となるようになるべく均等に水分を与えた。プラスチック類は3cm×3cm×厚さ約1mmのペレット状のものを用いた。

実験条件を表1に示す。キャリアガスとして窒素あるいは空気を流した。以降、窒素雰囲気の実験を熱分解実験、空気雰囲気の実験を燃焼実験と呼ぶことにする。また、温度については600℃と800℃とした。

表1 実験条件

		質量 (g)	炉内温度(℃)	雰囲気
新聞紙	含水率0%	3.0	600,800	N ₂ ,Air
	含水率40%	3.0+2.0*	600,800	N ₂ ,Air
P E		0.63	600,800	N ₂ ,Air
P S		0.48	600,800	N ₂ ,Air
P V C		0.73	600,800	N ₂ ,Air

*は水分量(3.0+2.0*の場合、3.0が乾燥重量、2.0が水分量を表す)

(3) 実験方法

以下の手順で熱分解実験（燃焼実験）を行った。

- ① 電気炉の温度を設定温度まで上げ、マントルヒータとリボンヒータの温度を160℃まで上げる。
- ② 窒素ガス（燃焼実験では空気）を流し、キャリアガス流量を約10L/minに調節する。
- ③ 炉の下部を開き、サンプルをセットする。少し引き上げてから炉の下部を閉じ、NO_x計・CO計・全未燃炭素計の測定を開始する。
- ④ サンプルのセット時に入った空気が、すべて炉外に出たことを酸素濃度で確認し（燃焼実験の場合は

セットして約1分後)、ポンプを作動させ、吸引流量を約15L/minに調節した後、サンプルを炉の中央まで引き上げる。

- ⑤ マイクロGCのガスサンプリングを開始する。
- ⑥ 反応が終わったことを確認した後、すべての測定を終了させる。

2. 2 実験結果および考察

(1) 生成ガス流量の計算

本実験では生成ガスの濃度を測定しているが、実験の条件によって空気のリーク量が変わり、そのため全体のガス流量が変わる。そこで、生成ガス濃度にガス流量をかけた生成ガス流量で各ガスの時間変化を表わすことにした。生成ガス流量を求める式は以下の通りである。

$$A = G \times C \times 10^{-3}$$

A : 成分ガス流量 (mL/min)

G : 炉から吸引したガス量 (L/min)

C : 成分ガス濃度 (ppm)

(2) 紙の熱分解実験および燃焼実験における生成ガスの分析

紙(含水率 0%)を燃焼させたときの NO_x 、CO、 CO_2 、全未燃炭素の各流量、および質量変化を図3に示す。谷口の結果⁹⁾と同様に、燃焼開始直後、まずCOに急峻なピークがあらわれ、それに10秒ほど遅れて CO_2 がピークをむかえた。その後、CO流量は急激に低下したが CO_2 流量はゆるやかに低下した。これは、急に高温にさらされた試料表面において生成した熱分解ガスが急激に燃焼し、初期には酸素不足によりCO流量が上昇する。そして、温度の上昇にともなって熱分解ガスと酸素との反応速度が大きくなることにより CO_2 流量が増加しCO流量が減少したと見られる。また、 CO_2 流量はピークをむかえた後に減少し170秒付近で傾きが急に変わっているが、これは質量変化の傾きの変化に対応するものであり、熱分解がその時点で一段落したことを表わしている。170秒以降の CO_2 流量はやはり質量変化と対応して直線的に減少している。注目すべきは、この表面燃焼期間に温度が低い(600℃)とCOが生成することであり、谷口らの指摘⁹⁾を再現した結果となった。

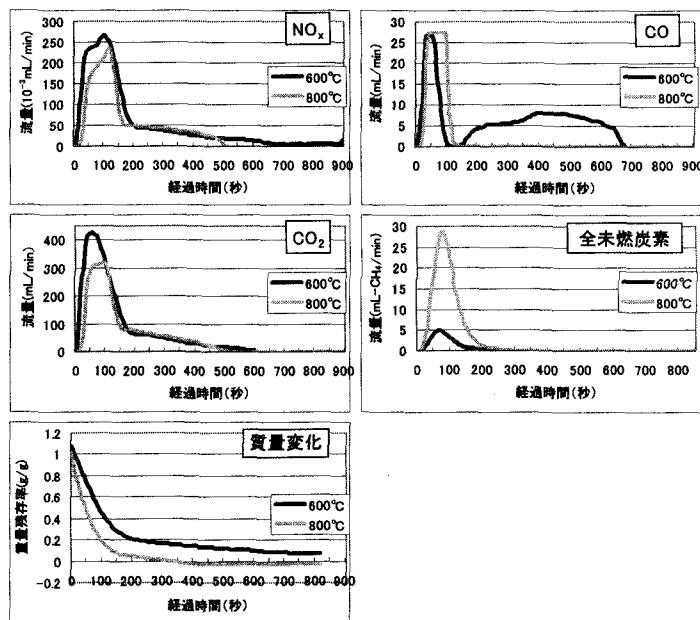


図3 紙(含水率0%)を燃焼させた時の生成ガス流量および質量変化

図3の全未燃炭素はこのむだ時間を補正しており、全未燃炭素はCOとほぼ同時刻に増加することが分かった。全未燃炭素計で測定される値はCO、 CO_2 を含まないことから、熱分解ガスの一部が

酸化されてCOやCO₂になり、残りが全未燃炭素として測定されたと考えられる。全未燃炭素はCOよりも長く濃度を保っているが200秒付近でゼロとなっており、重量変化から見て、それが熱分解期間の終了に相当すると推定される。

次に、紙（含水率0%）を600℃で熱分解あるいは燃焼させたときのマイクロGCによる炭化水素流量の測定値を図4に示す。マイクロGCは160秒周期で自動的にサンプリングと分析を繰り返すが、それだけでは500秒までの傾向が見えないため、測定開始時間をずらして実験を数回行ない、それを重ね合わせてプロットした。図4より熱分解ガス中の炭化水素ではCH₄の濃度が最も高く、ついでC₂H₄、C₃H₆、C₂H₆、C₃H₈の順であった。また、炭素数が同じ場合、パラフィン系よりもオレフィン系の炭化水素の方が多く出ている。次に、燃焼ガスについても分析したところ、濃度が低いものの初期の段階でCH₄やC₂H₄がガス中に残っていることが分かった。

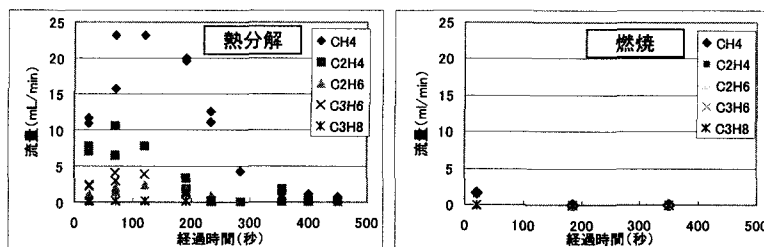


図4 紙の熱分解および燃焼時の炭化水素類の流量変化（600℃）

含水率40%の実験については、特筆すべき知見が無かったのでここでは省略する。

（3）プラスチックの熱分解実験および燃焼実験における生成ガスの分析

まず、PE、PS、PVCを600℃で燃焼させたときの各生成ガスの流量、および質量変化を図5に示す。谷口の結果⁹⁾と同様に、いずれも初期に生成ガスが全く発生しない期間があり、その後約1分ほどで各種ガスが急激に生成し消滅した。COの流量については物質による差があまり見られなかったが、全未燃炭素の流量は物質による差が顕著であった。特にPSでは全未燃炭素がほとんど発生しなかった。PSの燃焼実験ではさすがに大量に

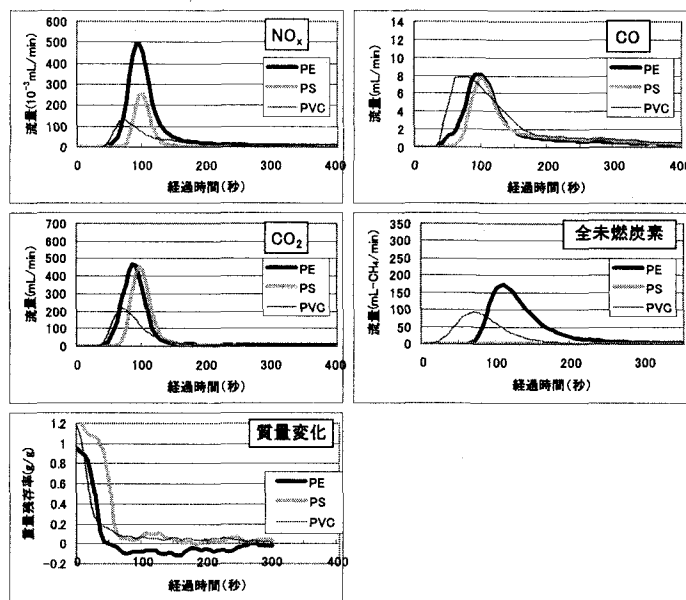


図5 PE,PS,PVCを600℃で燃焼させた時の生成ガス流量および質量変化

発生しており、このすすの発生に炭化水素が消費されたことや、高沸点炭化水素がタール分としてトラップされたことが、全未燃炭素が低かった理由と考えられる。このことより、COと全未燃炭素はほぼ同時期に現れ、どちらも不完全燃焼時に排出される未燃分の指標となると考えられるが、COと全未燃炭素とは必ずしも量的な相関があるわけではない。

次に、PE、PS、PVC を 600℃で熱分解させたときのマイクロ GC による炭化水素のガス流量の測定結果を図 6 に示す。プラスチック類からの熱分解ガスの測定にあたっては、 CH_4 から C_3H_8 までの炭化水素に加えて $1\text{-C}_4\text{H}_8$ 、 $1,3\text{-C}_4\text{H}_6$ 、 $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ も測定した。図 6 より PE および PS は、紙の場合と異なり C_2H_4 が熱分解ガスの主成分となっていた。また、PE では C_3H_6 の方が CH_4 よりも多く出ていた。PVC に関しては、紙の場合と同じく CH_4 が主成分となっているが、その次に C_2H_6 が多く生成していた。

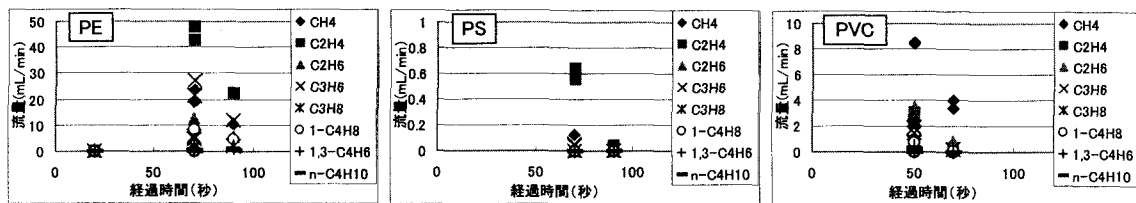


図 6 PE,PS,PVC の熱分解時の炭化水素類の流量変化 (600℃)

3 バッチ燃焼プラントにおける燃焼ガスの分析

3. 1 実験内容

(1) 実験装置

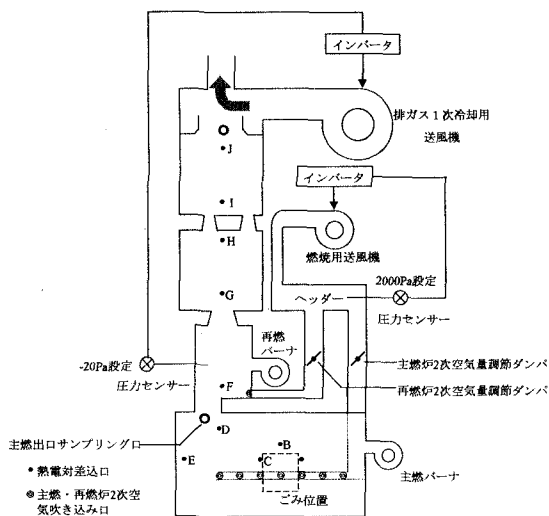
実験プラントの概略図を図 7 に、使用した装置のフローシートを図 8 に示す。

1) 実験プラント

本装置は火葬炉の構造を有しているが、ごみのバッチ燃焼実験用として設置されたものである。炉本体は床面に設置された主燃焼室 (2.3m × 0.75m × 0.80m) と、その上部にある 3 つの再燃焼室からなる。主燃焼室は直方体、再燃焼室は円筒形をしており、主燃焼室と再燃焼室下段部にはバーナが取り付けられている。バーナは灯油を燃料としており、出力を 0%~100%まで 5%刻みで変化させることができる。ここで出力 0%は最小出力を表わし、バーナは弱く点火している状態である。

炉内圧力は排ガス 1 次冷却用送風機の出力を変えることによってコントロールされる。再燃焼室に取り付けられた圧力センサーにより圧力が測定され、その圧力が設定値に保たれるように、インバータが排ガス 1 次冷却用送風機の出力を自動調整する。本実験では、安全面の理由から炉内圧力を -20Pa に設定した。

燃焼に必要な空気は燃焼室側面の空気吹込口とバーナ用吹込口から供給される。側面吹込口からの空気流量は、燃焼用送風機、圧力センサーおよびインバータにより 0%~100%まで 5%刻みのダンパ開度で調節される。空気吹込口は図 7 に示すように主燃焼室の側面両側に 7ヶ所ずつ、再燃バーナの下に横に並んで 2ヶ所付けられている。一方、バーナ本体からの空気流量は、バーナ出力を上げるにしたがって自動的に変化する。試料は台車の上に組まれたステンレス製パイプの骨組みの上に載せるようになっており、試料の下側にも空気やバーナの炎が入るようになっている。



主燃焼室と再燃焼室の側面に熱電対を差し込む穴を設け、再燃焼室、主燃焼室および試料近傍の温度が測定できるようにした。また、排ガスサンプリング口を主燃焼室の出口に設けた。

2) ガスの流れ

燃焼ガスは炉内からガスを吸引して分析する。吸引された燃焼ガスは、サンプリング口に差し込まれた長さ 100cm、径 2.5cm のセラミック管を通り、グラスウールを詰めた L 字管、2 本連結された冷却管、グラスウールを詰めたガラスびん、そして氷冷された 2 本の塩化カルシウム入り U 字管を通る。この後は、電気炉における実験とはほぼ同じ流れをとる。また、全未燃炭素計のサンプルラインは、直接炉内へと入れられている。

3) ガス濃度の分析

電気における実験と同様の装置を用いて、ガス濃度の分析を行った。マイクロ GC の測定周期は 180 秒とした。

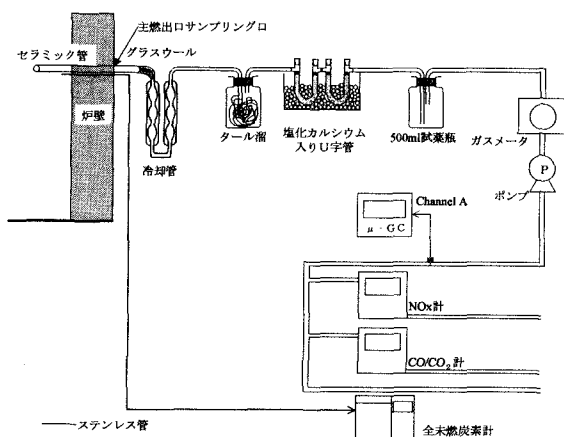


図8 バッチ燃焼炉でのガスサンプリング方法

(2) 供試試料

試料として模擬ごみを作成した。模擬ごみの組成は、京都市の平成9年度細組成調査⁶⁾に示された組成のうち、「その他」として分類されている組成を除いて、各組成の割合を求め直し、分類についても大きな分類項を用いた。

模擬ごみの密度は 0.13g/cm^3 ⁷⁾、容積は一般的なダンボール箱の容積（縦 29cm×横 30cm×高さ 44cm=28380cm³）とし、重量は約 4500g とした。組成割合とダンボール箱 1 個あたりの各成分重量を表 2 に示す。また、分類項「段ボール」には容器として用いたダンボールも含まれている。

ごみはすべて、同じ詰め方でダンボール箱に封入した。このときに厨芥類は他のごみと混合した。1 回の実験に対して、1 個のダンボール箱をサンプルとして燃焼させた。

(3) 実験方法

以下の手順でごみの燃焼実験を行った。

- ① 主燃・再燃バーナに点火し、炉内雰囲気温度を 350℃以上まで上げる。
- ② 主燃・再燃バーナをいったん切り、炉内雰囲気温度が 350℃以下となった後、断熱扉を開け試料をセットする。断熱扉を閉めた時点より、NO_x計・CO計・全未燃炭素計の測定を開始する
- ③ 再燃バーナ、主燃バーナの順に点火する。主燃バーナに点火した時刻を測定開始時刻とする。
- ④ マイクロ GC のガスサンプリングを開始する。
- ⑤ 反応が終わった時点で測定を終了する。

表 2 供試試料

分類	湿重量比(%)	湿重量 (g/1箱)
紙類	新聞紙	2.52
	単行本・雑誌	2.09
	ちり紙	4.13
	紙おむつ	5.50
	その他の紙類	9.65
	紙バック・カップ	1.09
	箱類	3.19
	段ボール	0.94
	包装紙	0.94
	袋類	0.88
	合計	30.9
プラスチック類	商品（固形）	1.13
	ボトル	1.67
	発泡製	0.46
	非発泡製	1.53
	ラップ	0.98
	袋類	6.17
	その他	0.86
	合計	12.8
繊維類		4.56
ゴム・皮革類		0.85
ガラス類		2.65
金属類		2.44
陶磁器類		0.85
厨芥類		45.4
合計		100

(4) 実験条件

主燃焼室のバーナ出力と吹き込み空気流量を変化させ、表3に示した条件で実験を行った。実験1,2,3では主燃バーナ出力を変えて、実験2,4,5では主燃ダンパ開度を変えて排ガス成分の経時変化を測定した。

表3 実験条件

実験	主燃バーナ		主燃空気ダンパ	
	出力(%)	温度(℃)	開度(%)	流量(m ³ /min)
1	0	551	0	3.53
2	20	602	0	4.81
3	40	781	0	6.10
4	20	545	20	11.3
5	20	524	40	26.0

3. 2 実験結果および考察

(1) 模擬ごみ燃焼時における生成ガス成分の再現性

本実験では、成分を細かく分類・調整した模擬ごみを用いているので、燃焼時の排ガスの成分および生成過程には再現性が見られるはずである。実験1の条件で、実験を2回行った結果を図9に示す。

CO、CO₂、O₂の濃度に若干のピーク位置のずれや、大きさの違いが見られるが、全体傾向はよく合っており、すべての測定項目について良い再現性が見られた。

実験に供したごみはダンボール箱に入っているために、燃焼初期では各濃度とも同じような立ち上がり方をしており、それ以後のパターンが模擬ごみによって少しずつ違っていると考えられる。

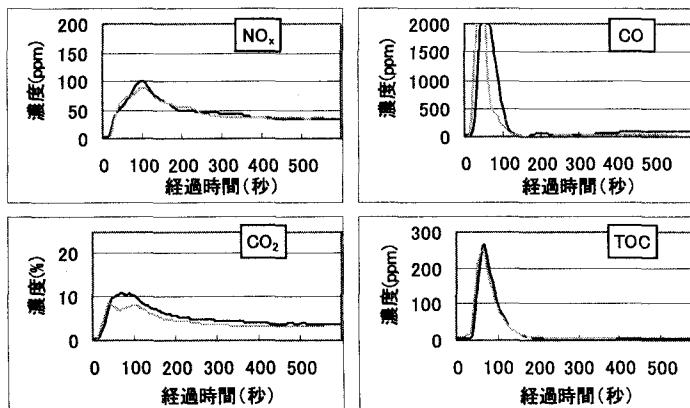


図9 条件1における再現性の確認

(2) 模擬ごみ燃焼実験における生成ガスの分析

1) NO_x計、CO・CO₂計および全未燃炭素計による測定結果

各実験条件において、空焚きの状態で測定した排ガス成分のブランク値を表4に示す。これらはバーナ燃焼によって生成した排ガス濃度の定常値である。以下に示す図中においてNO_x、CO、CO₂濃度は、測定値からこのブランク値を差し引いた値としている。また、試料近傍の温度として図7のBの熱電対で測定した温度を示した。

表4 空焚きでの測定値

実験	NO _x (ppm)	CO(ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
1	22.9	28.0	2.85	17.0
2	34.5	n.d.	3.77	15.7
3	44.7	n.d.	5.20	13.7
4	29.5	2.92	3.18	16.5
5	26.2	11.4	2.87	17.0

主燃バーナ出力を変えたとき(実験1,2,3)の排ガス成分の変化を図10に示す。ただし、全未燃炭素についてはむだ時間を補正している。CO濃度については0~200秒までの値を図11に拡大して示したが、一時的に測定限界である2000ppmを超えている。

バーナ点火直後からCOおよび全未燃炭素の濃度にピークがあらわれており、電気炉の場合と同じく、少し遅れてNO_xおよびCO₂の濃度が上昇した。その後COおよび全未燃炭素の濃度は急にながってゼロに近づくが、CO₂濃度はゆるやかに低下した。着火直後は熱分解により未燃ガスが高濃度で生成してCOと全未燃炭素の濃度が上がるが、その後、炎燃焼によりごみ表面温度が高まるにつれて未燃ガスと酸素の反応速度が速くなり、炭素やCOは燃焼してCO₂になったと考えられる。図よりバーナ出力が高い程、CO濃度は高く全未燃炭素濃度は低い傾向が見られた。これはバーナ出力を上げると炉内温度が高くなり、生成した未燃炭素がサンプリング口に到達するまでの間に部分燃焼するため、CO濃度が高くなったと考えられる。また、

バーナ出力および二次空気量をゼロとした実験1において、400 秒ほど経過した頃から僅かではあるがCOが検出された。このときの炉内温度はおよそ 600℃であって、CO 濃度の変化は電気炉において紙を 600℃で燃焼させたときの濃度変化と一致している。

主燃焼室の 2 次空気量を変えたとき (実験 2,4,5) の排ガス成分の変化を図 12 に示す。2 次空気量を多く入れるにつれて CO 濃度および全未燃炭素濃度が低くなっている。この理由として、2 次空気量の増加による炉内温度の低下や希釈が考えられる。

主燃バーナ出力を中程度、2 次空気量を最大に設定した実験 5 における CO 濃度の変化を図 13 に示す。この条件では炉内温度がおよそ 600℃程度で一定しており、CO 濃度は電気炉において紙を 600℃で燃焼させたときとよく似た増減パターンを示した。

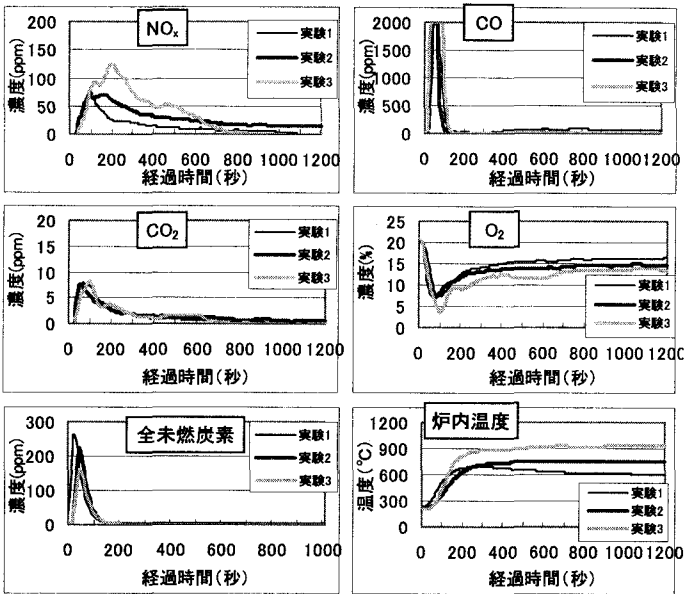


図 10 主燃バーナ出力を変えたときの生成ガス濃度および炉内温度

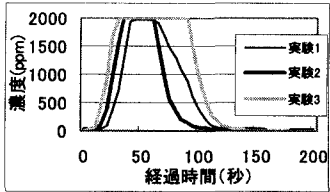


図 11 経過時間 200 秒までの CO 濃度

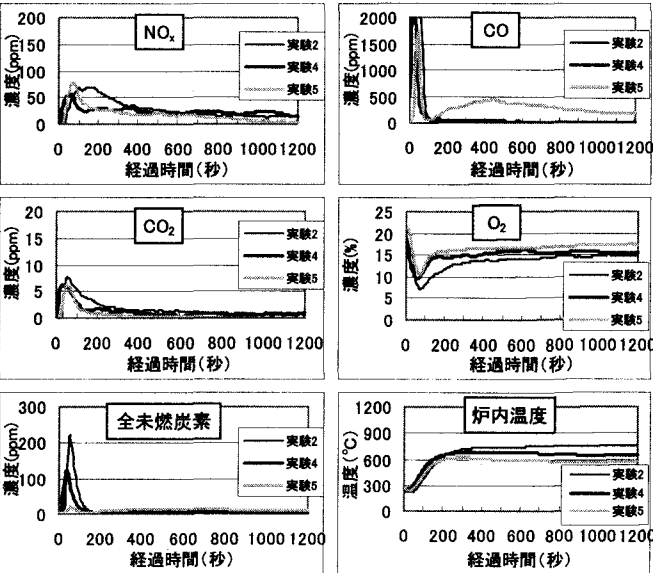


図 12 2 次空気量を変えた時の生成ガス濃度および炉内温度

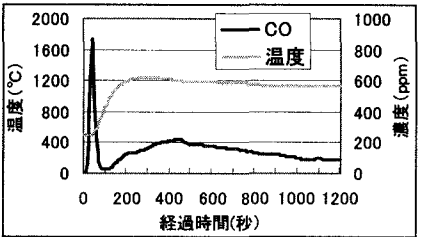


図 13 条件 5 における温度と CO 濃度

4 おわりに

本研究では、電気炉において紙、プラスチックを熱分解あるいは燃焼させ、固形物の重量変化と炭化水素

を含む生成ガスの経時変化を求めた。炭化水素については、マイクロ GC により種類ごとの濃度を求めるとともに、全未燃炭素計を独自に作成してその濃度を連続的に測定した。次にバッチ燃焼プラントにおいて、バーナ出力や吹き込み空気量などの操作条件を変えながら模擬ごみを燃やし、生成ガス成分の経時変化を調べ、電気炉における測定結果との関連性について考察した。得られた知見を以下にまとめる。

- ・熱分解ガス中の炭化水素は、紙の場合には CH_4 の濃度が最も高く、ついで C_2H_4 、 C_3H_6 、 C_2H_6 、 C_3H_8 の順であり、炭素数が同じだとパラフィン系よりもオレフィン系の方が濃度が高かった。プラスチックの場合には、炭化水素濃度の傾向は PE、PS、PVC で異なっていた。
- ・CO と全未燃炭素の生成は、紙の場合にはほぼ同時期に増加したが、プラスチックの場合は量的な相関は必ずしも見られなかった。
- ・電気炉の実験では 600°C まで温度を下げると表面燃焼時に CO が発生したが、バッチ燃焼炉の実験においても 600°C でこの現象が見られた。

CO が熱分解期間の初期だけに高濃度で出ること、表面燃焼時にも温度が低ければ生成することを考えると、燃焼安定性を測る尺度として CO だけでは不十分であり、連続で測定できる未燃炭素濃度も指標として併用することが望ましいと考える。

[謝辞]

実験にあたり、ご協力いただいた太陽築炉工業株式会社江口正司様ならびに名古屋博愛施設株式会社荒渉様に深く謝意を表します。本研究の一部は、平成 12 年度文部省科学研究費補助基盤研究 (B)(2)(課題番号 11450197)の研究助成を受けた。ここに感謝の意を表する。

[参考文献]

- 1) 高月紘：都市ごみの焼却処理に関する基礎的研究、京都大学工学研究科博士論文、1977
- 2) 片柳健一：固形ごみの熱分解処理に関する研究、京都大学工学研究科博士論文、1985
- 3) 難波邦彦、木本恭司：粉体ごみ燃料の熱分解・燃焼ガス特性、廃棄物学会誌、Vol.9、No.7、pp302-309、1998
- 4) 渡辺征夫、山田正人、田中勝：都市ごみ焼却施設から排出される低級ハロゲン化炭化水素類の自動連続測定、第 8 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp552-554、1997
- 5) 谷口美希、藤原健史、武田信生：固形廃棄物の燃焼挙動に関する基礎的研究、環境工学研究論文集、Vol.36、pp391-401、1999
- 6) 京都市環境局：家庭ごみ細組成調査報告書、pp32-45、1998
- 7) 京都市環境局：環境局事業概要、p28、1999