

京都大学 正 岩井重久
 京都大学 正 高月 紘
 ○ 京都大学 学 下村 憲正

1. 研究目的 プラスチックの燃焼は熱分解ガス生成過程と その分解ガス燃焼という二つの過程から成り立っていると見なしてよい。しかしながら、これまでの研究においては熱分解速度あるいは燃焼速度の温度依存性等に関しては明確にされておらず両過程間の関係等も明確にされていない。熱分解時における温度を変化させた場合の重量減少やその場合の熱分解ガス成分に関する文献は多くあるが、これらを熱分解速度と燃焼速度に関連させて燃焼排ガス成分の変化を研究したものは少ない。そこで、我々はプラスチックの焼却処理におけるこれらの関係を求めた。

2. 実験方法 実験Ⅰ：ポリエチレン、ポリスチレン、ポリプロピレンの熱分解過程を明確にするために、これらの試料としてペレット状のものをそれぞれ約100mgとり、示差熱天秤を用いて調べた。示差熱天秤(島津製作所製)の白金セルの一方にプラスチック試料約100mgを入れ、標準検体として酸化アルミナ(Al_2O_3)を用いた。実験Ⅱ：熱分解炉として、図-1に示した電気炉を用い、これにより炉内の雰囲気温度を設定した。これに試料送入速度、空気送入量を順次に変化させることにより、空気雰囲気中におけるある炉内設定雰囲気温度と空気送入量に対するそれぞれの熱分解速度を求めた。熱分解速度は単位時間、単位面積あたりの熱分解重量をもって、熱分解速度の次元を($\frac{\%}{\text{min}}$)とした。実験Ⅲ：実験Ⅱで用いた電気炉を熱分解炉として用い、この熱分解炉より発生したガスを図-1の上部の電気炉で加熱された管内で燃焼させて、燃焼排ガス成分とすすの排ガス中の重量を測定した。さらに図-1のAから二次空気を吹き込み、燃焼排ガス成分とすすの排ガス中の重量を測定し燃焼状態がどのように変化するかを調べた。燃焼排ガス成分の分析にはガスクロマトグラフ G-8(柳本製作所製)を使用した。検出器には熱伝導度検出器 G-8-TCD と水素炎イオン化検出器 G-8-FID を使用した。

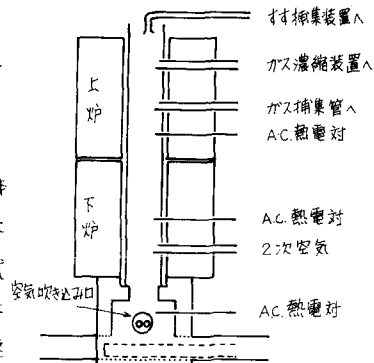
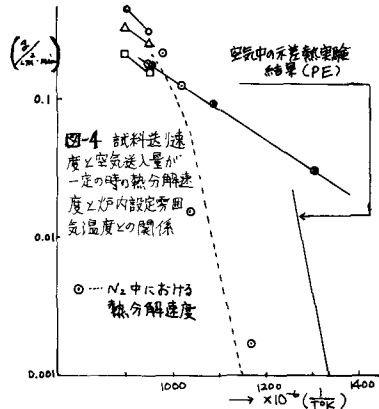
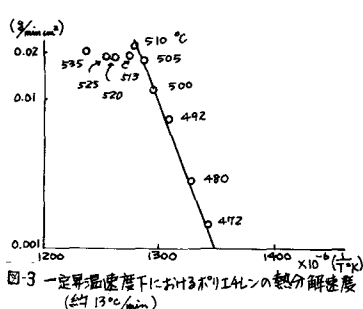
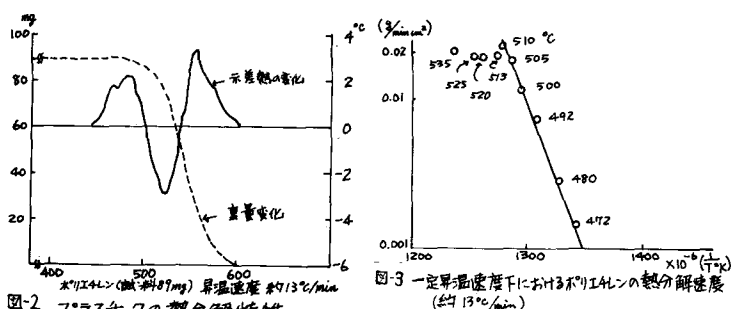


図-1 装置図

3. 実験結果および考察 A) 実験Ⅰに対する結果と考察： ポリエチレン、ポリスチレン、ポリプロピレンの雰囲気温度の変化に伴う重量変化と示差熱の変化を示す曲線のうち、ポリエチレンのものを図-2に示した。図-2の曲線をもとにポリエチレンの時間経過による重量減少の曲線を作成し、これより、その温度における単位時間、単位面積あたりの熱分解速度 $V(\frac{\%}{\text{min}})$ を得た。さらに、片対数グラフ上において縦軸に V を取り、横軸



にその時の絶対温度(T)の逆数を取るにより、図-3を得た。これより、プラスチックの熱分解速度 $V(\%/min)$ は

$$V = R_2 \times \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad \text{なるアレニウスの法則に従うことがわかった。}$$

ここに R_2 : 定数 E : 活性化エネルギー R : ガス定数
T: 絶対温度 である。

B) 実験Ⅱに対する結果と考察: 熱分解炉として用いた電気炉に試料送り速度 (cm/min)、空気送风量 (g/min)、炉内設定雰囲気温度 ($^{\circ}C$)、試料送入速度 (g/min) を変化させて それに対応する熱分解速度 $V(\%/min)$ を求めた。ポリエチレンに関して、試料送り速度 (cm/min) と送风量が同一であるものを選び出すことにより、片対数グラフ上において縦軸に熱分解速度 V 、横軸に炉内設定雰囲気温度の逆数 ($1/T$) を取るにより、図-4を得た。

これより、試料送り速度と空気送风量が同じ場合には 熱分解速度 V は実験Ⅰと同じように アレニウスの法則に従うと考えられる。また、本実験においては 炉内設定雰囲気温度が一定の時、両対数グラフにおいて縦軸に熱分解速度を取り、横軸に送风量 (g/min) を取るにより、

$V = R_2 \times (\text{空気送风量})^n$ とまとめることができた。ただし、 n は試料送り速度が $9.1cm/min$ の時には $0.6 \sim 0.65$ それ以外の時には $n=1$ である。これは空気を送入するかわりに、窒素を送入した、無酸素状態での炎を伴わない熱分解の際にも同様な結果を得た。これは送风量 (g/min) の増加により対流伝熱量が増加するとともに 熱分解表面上部の分解ガスの拡散速度が大となる影響によるものと考えられる。以上より、熱分解速度 $V(\%/min)$ は

$V = R_2 \times [\text{雰囲気ガス送风量}(\frac{g}{min})]^n \times \exp\left(-\frac{E}{R_2 T}\right)$ と表わされると推察される。ここに R_2 : 定数 n : 送り速度 $9.1cm/min$ の時には $n=0.6 \sim 0.65$ それ以外では $n=1$ である。

C) 実験Ⅲに対する結果と考察: 種々の条件下で ポリエチレン、ポリスチレンの燃焼実験を行ない、その時の燃焼排ガス中のベンゼン、トルエン、炭化水素、 CO 、 CH_4 、スチレン、エチルベンゼン、すす量、 H_2 、 O_2 、 CO_2 を求めた。この結果より ポリエチレンにおいて試料送入速度を $4.9g/min$ 、一次空気を $6g/試料$ と一定にした時、二次空気量のみを変化させた場合を図-5に示す。ポリスチレンに対して同様に図-6を得た。さらに、ポリエチレンに対して、空気送风量 ($g/試料$) とすす量 ($mg/試料$) との関係を図-7に示す。ポリスチレンに対して同様に図-8を得た。これらの結果より燃焼状況を判断すると、熱分解炉より発生する未燃ガスを含む混合気に 二次空気を吹き込むことにより、二次燃焼をおこさせ、二次空気量と最適に調節することにより、通常の火炉負荷の3~10倍に近い $100 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}$ の高負荷においても ベンゼン、トルエン、炭化水素、 CO 、スチレン、すす等の未燃分をほとんど0にすることが可能と思われる。

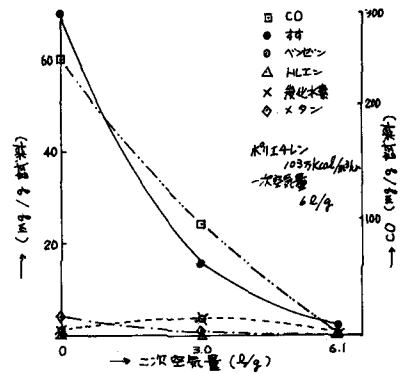


図-5 二次空気の送風による燃焼生成成分おおよその変化

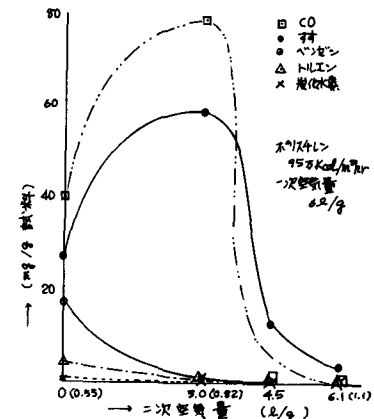


図-6 二次空気の送風による燃焼生成成分おおよその変化 () 内は燃焼速度を示す。

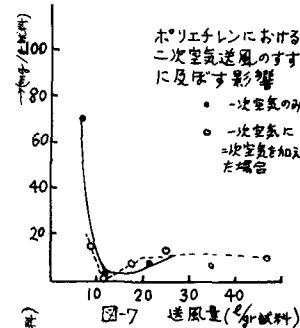


図-7 送风量 (g/g 試料)

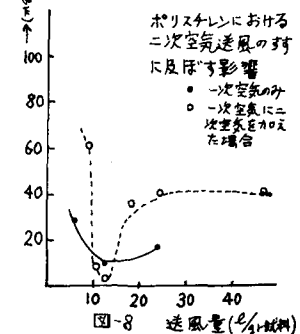


図-8 送风量 (g/g 試料)