

京大 工学部 正員 平岡正勝
 学生員 片柳健一
 学生員 水野健一郎

1. 緒言

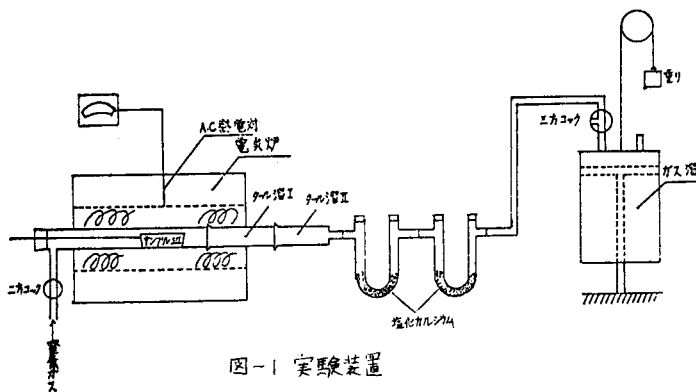
都市ごみの熱分解反応機構は、被熱分解物質が多成分より構成されているため複雑となる。その際、被熱分解物質である都市ごみの定性的表現をどのようにするか問題となる。まず元素組成、揮発分、可燃分などの組成分析値を用いることが考えられるが、ごみ組成によって熱分解特性が固有なものならば、それぞれの成分について解析を行なわなければならない。これは多成分を含む都市ごみについては繁雑と思われる。このため熱分解生成物特性の類似しているものをグループ分けすることができれば、そのグループの特性を最もよく代表する成分に着目して解析を行なうことが可能と思われる。グループ分けを行なう手法としてクラスター分析を用いた。なお実験においては都市ごみの代表的な数10種の純成分および実ごみ、および混合試料1〜5を用いた。混合試料1は一般的な都市ごみ組成、2は紙類主体、3はプラスチック類主体、4は厨芥類主体、5は熱分解プロセスの前処理として一般的な半湿式分別を行なった後の都市ごみに類似させた組成である。また用いた試料はすべて乾燥試料である。

2. 実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。タール溜2の部分にはリボンヒーターを巻き100℃に設定した。なおタール溜1,2に溜ったものを凝縮物1、U字管部に溜ったものを凝縮物2とする。(凝縮物1は100℃以上で凝縮するタール、凝縮物2は100℃以下で凝縮するタールと水から成る。)キャリアガスとして窒素を用い、操作温度はガス化率の高い800℃とし、反応時間を30分とした。ガスの定性定量は CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , CO_2 , H_2 , CO の7種類について行なった。

3. 実験結果と考察

クラスター分析の算法としてはワード法を用い、停止則はクラスター数が4のときに適用した。その結果を表-1に示す。クラスター数を4としたのはデンドログラムより判定したものであるが、その検討として更にクラスター内を細分する。第1クラスターは紙類のクラスターと草木、皮革類などのクラスターに分かれる



が、両者のクラスター内の類似性は他のクラスターに比べて高いため1つのクラスターを構成すると考えた。第2クラスターはアクリル、ホースが属するクラスターAとクツ底、発熱容器が属するクラスターBとナイロン、輪ゴムなどが属するクラスターCに分かれる。クラスターAはクラスターB,Cに比べてガス生成量が100(%)程度低く、チャー生成量が20%程度高い。クラスターBはクラスターAより CO の生成量が10%程度低い点異なるがその他の生成物特性は類似しているためにここでは1つのクラスターを構成していると考えた。次に4つのクラスターの特性について述べる。第1クラスターの特性はガス組成において CO_2 と CO がガス生成量の50%を占めていること。ガス生成量は各クラスター中2番目に高く、凝縮物1と2の生成量は同程度である。チャー生成量は各クラスター中最も高くなりガス発熱量は4524(Kcal/kg)と最も低い。このクラスターに属する標準数は25と各クラス

ター中最も多いが、クラスター内の類似性は最も高い。しかしガス生成量は類似性が低い。これは紙類に比べて皮革、草木類のガス生成量が低いためである。このクラスターは主にセルロース系物質から構成されており、代表成分を紙類とすることができる。第2クラスターの特性はガス組成において第1クラスターと比較するとH₂の生成比が高くCO₂、COの生成比が低いことである。ガス生成量は第1クラスターよりやや低い。凝縮物1と2の生成比は同程度である。チャー生成比は第1クラスターよりやや低い。ガス発熱量は7452(kcal/g)とむしろ第3クラスターと類似している。このクラスターに属する標本数は11でクラスター内の類似性は各クラスター中最も低い。これはこのクラスターが明確な特性をもつものではなく他のクラスターのどれとも類似しないものによって構成されているためである。そのためこのクラスターの代表成分を決定するのは困難であるが、ガス組成に重点を置くならばゴム類ということができる。第3クラスターの特性はガス組成においてCH₄、H₂の生成比が高くCO₂、COの生成比が低いことである。ガス生成量は各クラスター中最も低い。凝縮物1の生成比は最も高い。チャー生成比は第1,2クラスターに比べて著しく低い。すなわちこのクラスターの生成物特性はガス化率が低く、凝縮物1の生成比が高いことである。またガス発熱量は7475(kcal/g)と第2クラスターと同程度である。このクラスターに属する標本数は5であり、クラスター内の類似性は第1クラスターよりやや低い。これは凝縮物2の生成比の変動が大きいことである。このクラスター内の代表成分は硬質プラスチック類ということができる。第4クラスターの特性はガス組成において炭化水素系のガスおよび酸素の占める割合が高くCO₂、COの占める割合が2%以下と著しく低いことである。ガス生成量は各クラスター中最も高い。凝縮物1と2の生成比は第1,2クラスターと、チャー生成比は第3クラスターと類似している。またガス発熱量は11158(kcal/g)と各クラスター中最も高い。このクラスターに属する標本数は5でありクラスター内の類似性は第3クラスターと同程度である。またこのクラスターの代表成分は軟質プラスチック類ということができる。次に実際の都市ごみ中より採取した試料と純品をみると、ごみ袋以外はすべて同じクラスターに属している。実際、実ごみは元素分析において有機物などの付着のため窒素が若干多い程度で純品と大きな相違はみられなかった。また混合試料についてもほぼその主成分が属するクラスターに属する。以上のことより都市ごみの熱分解反応においては都市ごみ組成を次の4つに分類して解析を行なえばよい。1)紙類を代表成分とする紙類、天然繊維類、皮革類、草木類、厨芥類2)ゴム類を代表成分とするゴム類、合成繊維類3)

表-1 各クラスターの生成物特性

第1クラスター
標本数 25
硬質プラスチック類(1)軟質プラスチック類

4. 結言

本研究によってクラスター分析を用いて熱分解生成物特性が類似しているものをグループ分けすることが可能と分かった。

この結果各クラスターの生成物特性をその代表成分に着目することによって熱分解反応モデルをより簡潔に求めることが可能となるであろう。

第1クラスター
標本数 25

新聞紙 印刷紙
新聞紙(2) 毛紙
ボール紙 本紙
ボール紙(2) スポンジ
硬ボール サイフ
硬ボール(2) ヘルト
包装紙 草、木
包装紙(2) 植物性繊維
包装紙(3) 紙板
牛乳パック 食品包装
牛乳パック(2) (1,2,4)

要素名	平均値	分散
CH ₄ (%)	12.47	0.1375 × 10 ²
C ₂ H ₄ (%)	6.309	0.4331 × 10 ¹
C ₃ H ₆ (%)	1.033	0.2065 × 10 ⁰
C ₄ H ₈ (%)	0.7168	0.1126 × 10 ⁰
CO ₂ (%)	14.53	0.1234 × 10 ²
H ₂ (%)	15.16	0.2122 × 10 ¹
CO (%)	41.35	0.4663 × 10 ¹
ガス生成量(%)	297.4	0.3222 × 10 ²
凝縮物1 (%)	10.32	0.1437 × 10 ²
凝縮物2 (%)	10.79	0.2940 × 10 ¹
チャー (%)	17.71	0.4609 × 10 ²
ガス発熱量(kcal/g)	4525	0.4760 × 10 ⁵

第2クラスター
標本数 11

ちり紙
ナロン
糊付紙類
糊ゴム
ごみ袋
光沢容器
クツ底
アクリル
ホース
混合試料(3,5)

要素名	平均値	分散
CH ₄ (%)	27.31	0.3732 × 10 ²
C ₂ H ₄ (%)	14.32	0.1751 × 10 ²
C ₃ H ₆ (%)	3.021	0.4641 × 10 ¹
C ₄ H ₈ (%)	1.265	0.6173 × 10 ⁰
CO ₂ (%)	6.259	0.2122 × 10 ²
H ₂ (%)	22.45	0.4749 × 10 ²
CO (%)	14.06	0.7520 × 10 ¹
ガス生成量(%)	261.2	0.7635 × 10 ²
凝縮物1 (%)	12.61	0.1260 × 10 ²
凝縮物2 (%)	12.42	0.1063 × 10 ²
チャー (%)	12.15	0.1176 × 10 ¹
ガス発熱量(kcal/g)	7452	0.1111 × 10 ⁷

要素名	平均値	分散
CH ₄ (%)	37.40	0.1552 × 10 ²
C ₂ H ₄ (%)	2.972	0.1147 × 10 ¹
C ₃ H ₆ (%)	1.588	0.2356 × 10 ⁰
C ₄ H ₈ (%)	0.4920	0.5272 × 10 ⁰
CO ₂ (%)	2.180	0.1473 × 10 ¹
H ₂ (%)	31.62	0.2217 × 10 ²
CO (%)	3.722	0.5180 × 10 ¹
ガス生成量(%)	123.3	0.7759 × 10 ¹
凝縮物1 (%)	36.63	0.4205 × 10 ¹
凝縮物2 (%)	11.43	0.1032 × 10 ²
チャー (%)	2.376	0.1519 × 10 ⁰
ガス発熱量(kcal/g)	7475	0.5236 × 10 ⁵

第3クラスター
標本数 5

アルミ容器
スチロール
玩具
食品包装
スチロール(2)

第4クラスター
標本数 5

ビニール袋
ビニール袋(2)
菓子袋
クワイ
ごみ袋(2)

要素名	平均値	分散
CH ₄ (%)	33.93	0.1024 × 10 ¹
C ₂ H ₄ (%)	23.92	0.3520 × 10 ²
C ₃ H ₆ (%)	5.022	0.5594 × 10 ⁰
C ₄ H ₈ (%)	2.240	0.2741 × 10 ¹
CO ₂ (%)	0.9300	0.1157 × 10 ¹
H ₂ (%)	14.37	0.1247 × 10 ²
CO (%)	0.7600	0.6332 × 10 ⁰
ガス生成量(%)	377.5	0.3721 × 10 ²
凝縮物1 (%)	6.152	0.2700 × 10 ¹
凝縮物2 (%)	10.70	0.5572 × 10 ¹
チャー (%)	1.220	0.2492 × 10 ¹
ガス発熱量(kcal/g)	11160	0.4047 × 10 ⁶