



Title	家庭系都市ごみの炭化処理特性と炭化物性状に関する研究
Author(s)	店網, 弘治; 田中, 信壽; 松藤, 敏彦 他
Description	第11回衛生工学シンポジウム (平成15年11月6日 (木) -11月7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 一般セッション . 4 廃棄物・汚染修復 . P4-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 11, 191-194
Issue Date	2003-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7078
Type	departmental bulletin paper
File Information	11-4-6_p191-194.pdf



4-6

家庭系都市ごみの炭化処理特性と炭化物性状に関する研究

店網弘治 (八千代エンジニアリング株式会社)

田中信壽、松藤敏彦、角田芳忠、松尾孝之、○佐々木通充 (北海道大学)

1 はじめに

平成 12 年に循環型社会形成推進基本法が制定され、資源循環と環境負荷低減が今後の目指すべき社会の姿として示された。これを背景として、都市ごみ処理においても従来の焼却に代わる処理として、様々な技術の開発が進められており、近年その一つとして炭化処理が注目されている。炭化は古くからの技術であるが、都市ごみ処理として考えると比較的低温低圧のローテクノロジーである、用途の多い回収物が得られる、熱的自立の可能性がある、などの特徴が挙げられ、また有機物の安定化により埋立前処理としての可能性もある。

これまで、一般廃棄物の炭化処理に関する報告は可燃ごみに関するものがほとんどであった¹⁾²⁾。本研究では、可燃ごみのほか不燃ごみ、粗大ごみの炭化処理特性と炭化物特性を検討する。可燃ごみについては各種リサイクルとの併用を考えた組成変化の影響も検討する。

2 実験の流れと実験方法

2.1 実験試料

実験試料は、札幌市において実際に排出されたごみを採取して作成した。札幌市では可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ごみのほか、容器包装ごみと PET 以外のプラスチック容器包装を回収している。可燃ごみはごみステーション(集積所)から約 200kg をサンプリングし、組成分類をおこなった。大きな試料ははさみで切断し、60℃ 24 時間乾燥したのち、2000 年の札幌市の組成

表 1 実験試料組成 (湿ベース)

	可燃①	可燃②	可燃③	粗大	不燃
厨芥	41	0	47	—	—
プラスチック	14	24	0	11	31
紙	33	55	38	1	12
布類	3	5	4	2	8
ゴム・皮革	—	—	—	2	2
草木	8	14	10	62	6
金属	1	2	1	8	4
ガラス・陶磁器	—	—	—	3	13
2mm以下	—	—	—	11	24
含水率 [%]	39.7	15.7	45.6	7.0	6.2

に合わせて調製した。厨芥を除いた可燃ごみ、プラスチックを除いた可燃ごみも作成し、札幌市の組成：可燃①、厨芥を除いたもの：可燃②、プラスチックを除いたもの：可燃③と呼ぶ。粗大ごみ及び不燃ごみは同市の発寒破碎工場よりそれぞれ可燃残渣(ふるい上)と不燃残渣(ふるい下)をサンプリングし、搬出物の重量割合で混合した。炭化装置の炭化物排出口の構造上、6cm 以上の金属を除去し、供試試料とした。表 1 に試料組成(湿重量)を示す。

2.2 炭化装置

炭化装置を図 1 に示す。キルン式で内径 15cm、長さ 2m である。電気ヒータによって加熱を行う。運転条件は、ガス化溶融炉及び炭化炉の報告を参考に炭化温度 500℃、滞留時間 1h、回転速度 1rpm とした。この滞留時間とするためキルンを 2.3 度傾斜させた。またごみ処理量は装置の仕様書を参考に 150g/h とし、空気の侵入を防ぐために炉内を N₂ 流量 30L/min でパージした(酸素濃度

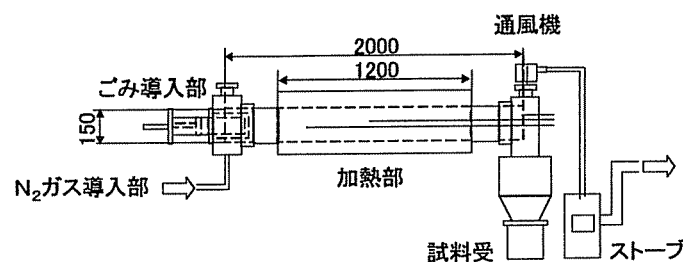


図 1 炭化装置の概略

ゼロを確認した)。可燃性の炭化ガスは小型の通風機で吸引した後、石油ストーブで燃焼させ、大気放出した。炭化試料は大型シリンジ状の試料導入部に充填して炭化装置にとりつける。50g/20分の割合で押し出し、順次試料を補充して約450gを炭化した。炭化物は試料受に貯め、冷却した。

2.3 分析項目と実験手順

図2に実験の流れを示す。炭化物はボールミルで粉碎し、1mm以上を不燃物として除いたものを製品炭化物とし、工業分析、発熱量分析などを行った。炭化物を燃料として使用する際には塩素が問題となるため、次に水洗処理を行い（製品炭化物10g/蒸留水100mL）、塩素除去量を測定した。最後に、水洗後の炭化物（水洗炭化物）を800℃で灰化し、金属含有量を測定した。

水洗後の炭化物（水洗炭化物）を800℃で灰化し、金属含有量を測定した。

分析方法は以下のとおりである。

- (1) **工業分析** ①水分：ごみは組成ごとに約1kgを70℃、24h乾燥した。製品炭化物は約1gを磁皿に取り、100℃、2h乾燥した。②灰分：ごみは約5g、製品炭化物は約1gをろつぼに取り、電気炉で800℃、2h加熱。③揮発分：ごみは約5g、製品炭化物は約1gをろつぼに取り、電気炉で900℃、7min強熱。④固定炭素(%)：100 - (水分 + 灰分 + 揮発分)
- (2) **発熱量** ごみ、製品炭化物とも約0.5gをボンブ熱量計を用いて分析した。
- (3) **金属含有量**：製品炭化物および1mmふるい上は約2g、燃焼灰は約1gを200mLコニカルビーカに取り、王水分解抽出—原子吸光分析法により測定。
- (4) **塩素** ①水溶性：固液比10g/100mL、振とう強度150/分、振とう時間30分の条件で水洗処理し、吸引ろ過後、ろ液中を水溶性塩素とした。②揮発性：燃焼管法を用いて、製品または水洗炭化物約0.5gを燃焼ボートに取り、0.2mL/分の酸素気流下800℃で燃焼させ、燃焼ガスを水100mLを入れた吸収瓶4本（水洗炭化物の場合は2本）で吸収した。次に、燃焼管内に付着した塩素を20%硝酸で抽出し、これらを合わせて揮発性塩素とした。③残留性：燃焼後の灰中の塩素を20%硝酸で抽出し、残留性塩素とした。分析はチオシアン酸第二水銀法を用いた。

3 実験結果

3.1 炭化収率と炭化物特性

図3にごみおよび炭化物の工業分析結果を示す（乾ベース）。炭化物は製品炭化物の工業分析値に1mm上の割合を加え、供試ごみ重量を100として表した。図より、炭化物量はごみ中の灰分+固定炭素よりやや多い程度であり、炭化収率（=炭化物重量/ごみ重量と定義する）はごみの組成から予測できる。ごみ種ごとの炭化収率を表2に示すが、可燃ごみは20~30%であり、プラスチックを除いた可燃③が最大、厨芥を除いた可燃②が最小である。これは組成別の収率が厨芥>紙>プラスチック

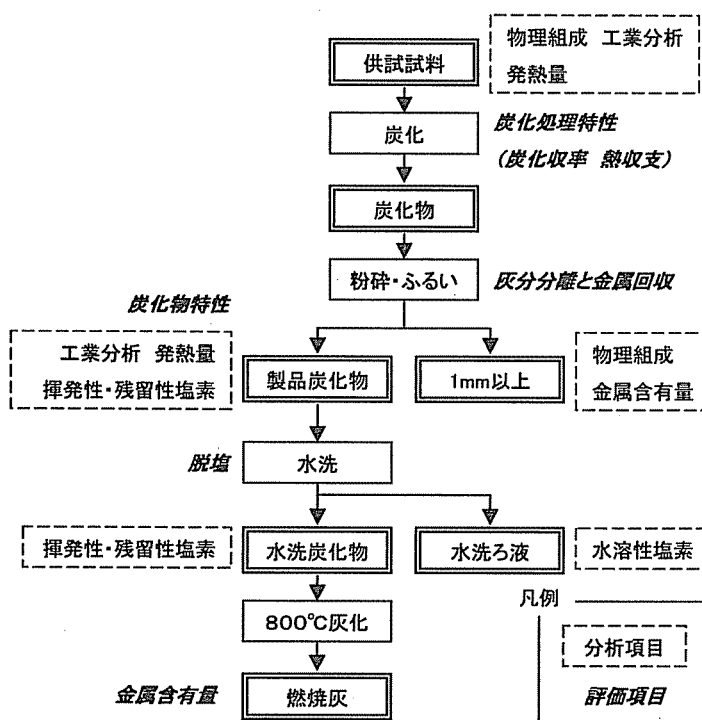


図2 実験の流れ

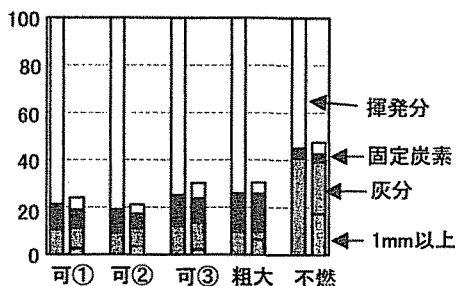


図3 ごみおよび炭化物の工業分析結果
(供試ごみを100とする。乾ベース。
左：試料ごみ、右：炭化物)

表2 炭化物の特性

	炭化収率 [%]	1mm以上の 割合 [%]	可燃分収率 [%]	低位発熱量 [kcal/kg]
可燃①	24.0	11.4	13.0	3775
可燃②	21.1	16.5	10.2	3599
可燃③	30.1	7.3	16.7	3638
粗大	30.4	20.8	20.7	6195
不燃	47.5	36.5	8.5	1315

炭化収率=炭化物重量/ごみ重量
可燃分収率=(炭化物中揮発分+固定炭素)/ごみ重量

であることを示している。

一方粗大ごみ、不燃ごみの炭化収率は可燃ごみよりも高いが、非目的物である灰分が多いためである。そこで灰分を除き、炭化物中「揮発分+固定炭素」のごみ量に対する割合を可燃分収率と定義すると、粗大ごみ、不燃ごみの収率は低い。不燃ごみ炭化物、粗大ごみ炭化物には金属、ガラスが多く含まれていた(可燃ごみ炭化物はアルミ箔が多い)が、これらは粉砕、ふるい分けにより容易に除くことができる。製品炭化物中の金属含有量を測定したところ(結果は省略する)、Fe、Cuは1mmふるい上として80~95%が回収できた。

3.2 水洗処理による脱塩

図4に水洗処理による脱塩結果を示す(振とう時間30分)。脱塩率は70~89%の範囲であり、水洗炭化物の塩素濃度は2.3~3.5mg/gであった。これはRDFのセメント原燃料利用、プラスチックの高炉還元利用時の自主規制値0.5%、厨芥由来堆肥の塩素濃度許容値1%を下回っており、簡単な水洗で塩素を十分除去できることがわかった。

また、水洗ろ液のTOCおよび重金属量を測定した。TOCは粗大ごみ73mg/L、不燃ごみ130mg/L、可燃ごみは250~310mg/Lであり、 $BOD < (32/12) \cdot TOC$ (TOCがすべて生物分解可能な場合に等号)なので、もし等号が成り立つと排水基準160mg/Lを上まわる。しかし炭化物の臭気、外観から生物分解性有機物は少ないと思われる。測定した重金属(Pb, Zn, Cd, Cr)はいずれも定量下限以下か、排水基準を1~2桁下回る濃度であった。

3.3 焼灰中金属含有量

炭化物を燃料として利用する場合を考え、水洗炭化物焼灰中の重金属量を測定した。結果を図5

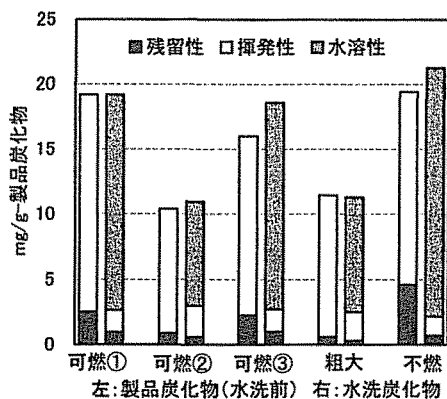


図4 水洗処理による脱塩効果

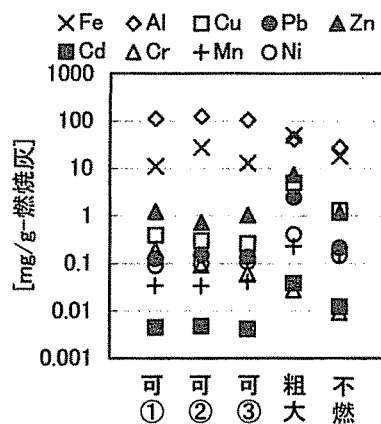


図5 水洗炭化物焼灰中金属含有量

に示す。可燃ごみ炭化物に較べて、不燃ごみ、粗大ごみ炭化物中の重金属量は高い。特に、粗大ごみは Cu, Pb, Zn, Cd が焼却灰と同等かそれ以上となっており、最終処分において問題となる可能性がある。

3.4 炭化装置まわりの熱収支

以下のようにして熱収支を計算した。①熱供給量は積算電力計を用いて測定し、ヒータ加熱時と未使用時の差から駆動部消費電力を求めておき、炭化運転時はそれを差し引いてヒータ電力とした。② N₂ ガスの持ち込み、持ち出し熱量はガス温度から計算した。③ごみの持ち込み、炭化物の持ち出し熱量は、それぞれの発熱量および比熱を 0.6、0.33kcal/kg°Cとして計算した。④装置外表面からの熱損失(放熱量)は、装置各部の外表面積、表面温度、環境温度より、空運転時(装置内での発熱がない)の①～④の収支が合うよう熱伝達係数を 10.1kcal/m²C hとした。⑤熱分解ガスの持ち出し熱量は、炭化実験時の①～⑤の収支より求めた。なお炭化反応熱は、あるメーカーの計算式を利用した。

推定結果を図6に示す。正味炭化処理必要熱量とは、装置表面からの熱損失を除いた乾燥ごみの炭化に必要な熱量であり、これにごみ中の水分蒸発必要熱量を加えた熱量が炭化処理には必要である。図に示すように、いずれのごみも炭化ガス持ち出し熱量が必要熱量を上回っている。不燃ごみはプラスチック割合が高いため両者の差が大きく(すなわち熱的に余裕がある)、プラスチックを排除している可燃③も差はプラスである。装置からの熱損失を考慮しても、実験対象としたごみの範囲では熱的自立が可能である。

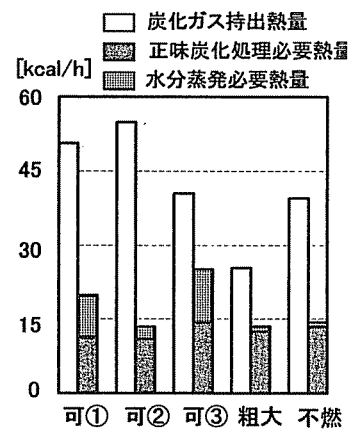


図6 炭化処理の熱収支

4. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると、次のようになる。脱塩、熱的自立はいずれのごみも問題がない。粗大ごみ炭化物は灰分が低く燃料利用の可能性が高いが、燃焼灰の処理に注意が必要である。不燃ごみ炭化物は灰分が高いため燃料には適さないが、埋立前処理としての可能性がある。いずれも金属回収の前処理として可能である。可燃ごみは灰分が比較的高く、有機物量が多いため、炭化処理を行うメリットは小さい。

なお、本研究は平成14年度廃棄物処理等科学研究費(環境省)の補助を得て実施した。

参考文献

- 1) 「廃棄物の炭化処理とその利用」、エヌ・ティー・エス(2001)
- 2) 仙波範明ら:炭化炉システムについて、第12回廃棄物学会研究発表会論文集, pp.426-428 (2001)