

流動層を用いた破碎粗大ごみ選別装置開発に関する基礎的研究

北海道大学大学院工学研究科

正会員 関戸知雄

正会員 田中信壽

正会員 松藤敏彦

木村陽介

1. 背景と目的

家庭から発生する粗大ごみは、破碎選別施設で破碎し、鉄などの有価物を回収し、残った残渣を可燃物（可燃残渣）と不燃物（不燃残渣）に分け、それぞれ焼却、埋立処分を行う自治体が多くなってきている。筆者らは、過去において不燃残渣の物理組成を調査したが、その結果、ふるいにより粒度の違いで選別を行う方法では、十分に埋立に適した不燃性の残渣が回収できないことを示した¹⁾。特に粗大ごみを処理したときの不燃残渣は、強熱減量（600℃で2時間強熱したときの重量減少割合）が約50%に達することがわかった。昨年の研究²⁾で、粗大ごみの破碎物に対して、粒子ごとの物理的性状を測定した結果、密度差を用いることで高効率な選別が行える可能性があることがわかった。そこで、近年田中ら³⁾によって研究が行われている、流動層を用いた選別技術を粗大破碎ごみの選別に応用し、実用化に向けての基礎的情報を収集した。

2. 実験装置の概要

図-1に実験装置の概要を示す。流動層への送風は1.5kWの送風機を用い、インバーターを用いて制御した。送風する空気量をオリフィス流量計により測定し、層内空塔速度を計算した。流動層は内径150mmの透明アクリル管を用い、流動媒体は層高が10cmとなるように充填した。空気分散器には、塩ビ板に1mm（開口率3.4%）の穴をあけた多孔板を2枚重ね合わせ、その間に粒子のこぼれを防ぐためにフェルトを挟み込む構造にした。また、流動層上部と多孔板直下の圧力差を測定することで、流動層の圧力損失を測定した。

3. 測定項目および方法

(1) 流動媒体粒子物性値測定

用いた粒子は、ガラスビーズ（平均粒径 $290\mu\text{m}$ ）、亜鉛ショット、アラダム（酸化アルミニウム）の3種類と、ナイロンショットに平均粒径 $68\mu\text{m}$ ガラスビーズを20%、35%、60%混合させた混合粒子を用いた。各粒子について平均粒径、見かけ密度、真密度の測定を行った。平均粒径は、レーザー回折式粒度分布測定装置(SHIMADZU, SALD3000)を用いて行った。各粒子について、流動開始速度（流動層の圧力損失が一定になる最小空塔速度）と流動状態がやや激しくなる状態の空塔速度を測定した。

(2) 模擬試料による流動層見かけ密度測定

流動層の見かけ密度は、理論的には流動層の体積を充填した粒子の総重量で割ることで導出できる。しかし、実際に流動している流動層は、層内の流動状態の偏りによって密度に分布ができることや、流動層表面が平滑ではないことなどから、理論的に計算することは困難である。そこで、密度が既知の模擬球を流動層に投入し、その浮沈を調べることで層内見かけ密度を調べた。模擬球は、直径 17.7mm の中空洞プラスチック球を用いた。各球の密度は、金属すず粒子とシリコンの充填割合を変えることで変化させ、密度 $0.38 \sim 3.59\text{g/cm}^3$ 、合計41個作成した。方法は試料を上から投入後30秒間観察し、常に表層に存在していた試料、浮沈を繰り返した試料、全く姿が見えなかった試料に分類をした。

(3) 空塔速度と流動層内の破碎ごみの挙動調査

選別実験に先立ち、流動状態の違いによる投入破碎ごみの流動層内の挙動を調べるために、試料投入30秒後に送風を止め、層表面、表面から5cm、5cmから層底のそれぞれに存在した試料を回収し、組成を調べた。用いた試料は、平成10年12月に、S市破碎選別施設より、家庭系不燃性粗大ごみを破碎した後に鉄を回収した後の残渣を採取した。乾燥後、手ふるいにより $16 \sim 5.6\text{mm}$ に粒径をそろえて試料とした。流動媒体には、 $290\mu\text{m}$ ガラスビーズを用い、空塔速度は 0.08m/s （穏やかな流動状態） 0.09m/s （やや激しい流動状態）の2種類で行った。

(4) 破碎ごみを用いた選別実験

(3)の実験をふまえ、実験は、破碎ごみを投入し、表層に浮いている試料、および浮沈している試料を上部から金網で回収（浮上物）し、その後送風を止めて底部に沈んだ試料（沈殿物）を回収する方法となった。それぞれ回収した試料を木、紙、プラスチック、ガラス、金属、その他に分類し、割合を求めた。なお、亜鉛ショット流動層では破碎ごみからガラスおよび金属のみを抽出し、試料とした。混合粒子流動層では、破碎ごみから木、紙、プラスチック

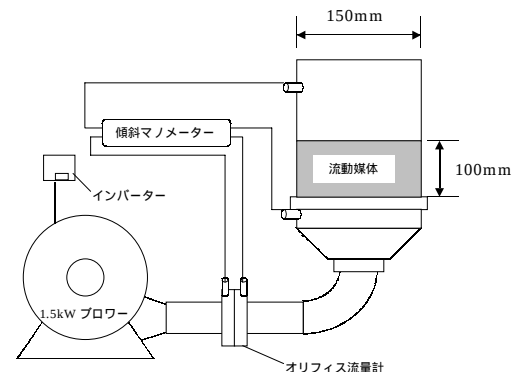


図-1 流動層選別実験装置

キーワード：選別、流動層、破碎ごみ

連絡先：〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 Tel(011)706-7298 Fax(011)706-7297

クを抽出し、試料とした。

4. 測定結果

(1) 流動媒体粒子物性値および流動層見かけ密度測定結果

表-1に結果を示す。空塔速度は、最小流動化速度からやや激しい流動化状態の時の

速度を示した。流動層見かけ密度は、浮沈する密度模擬球の最大密度と定義した。空塔速度を流動化開始速度から流動がやや激しい状態まで変化させると、流動層見かけ密度も変化したため、その範囲を示した。

(2) 空塔速度の違いによる流動層内破碎ごみ挙動調査結果

流動状態の穏やかな空塔速度0.08m/s（図-2(a)）では、ガラス、金属などの比重の大きい不燃物は底部に沈んだままだが、木、紙、プラスチックは、層内に残った試料もあった。形状による浮沈の影響を調べるために、表層から回収された木、および底部に残った木を採取し、形状を調べたところ、底部に残った木の形状は、板状あるいは針状であった。また、体積が小さい木ほど、層底に残りやすいことがわかった。これは、層内の流動媒体粒子の流れに対して、試料の表面積の小さい面があたることで、うまく流れに乗れずに底部にとどまってしまうためだと思われる。また、穏やかな流動状態では、層底部外周に流動媒体が静止したままの領域が観察されたが、小さな粒子はこの部分に捕捉されると、表面に上がることができなかったと思われる。流動状態がやや激しい空塔速度0.09m/sでの選別結果を図-2(b)に示す。この場合、底部にたまっていた可燃物も十分に表面に浮くことができ、回収することができた。

(3) 破碎ごみ選別実験結果

表-2に各流動媒体を用いたときの選別結果の結果を示す。混合粒子は、最も選別効率のよかったガラスビーズ20%の時の結果のみを示し、数値は、8回行った結果の合計値を示す。空塔速度は、いずれも流動状態がやや激しい状態で行った。ガラスビーズ、アランダムを用いた場合、浮上物は木、紙、プラスチックで99%を占め、可燃性の物質が回収されていることがわかる。また、垂鉛ショットでは、ガラスを表面より回収することができたが、金属は十分分離できなかった。金属のみを回収するには、さらに別な比重の流動層を作る必要がある。混合粒子は、ガラスビーズ20%でもっともプラスチックと木、紙の分離がよく行えた。しかし、プラスチックの沈殿物による回収率、および木の浮上物としての回収率は約87%と、改善の必要がある。

5. まとめと課題

流動媒体を変えたり、異なる物性値を持つ粒子を混合することで、選別対象となる物質にあわせた流動層見かけ密度を作り出し、高効率な選別が行えることがわかった。今後は、装置を大型化し、より大きな粒径の破碎ごみを用いた選別実験を行う必要がある。

参考文献

- 1) 関戸知雄ら：都市ごみ破碎選別施設における実態調査と課題、1998年度粉体工学会秋期研究発表会講演論文集、pp.155-159(1998)
- 2) 関戸知雄ら：破碎選別処理し得るから発生する破碎物の粒子特性調査、第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.429-431(1999)
- 3) 田中善之助ら：建設廃材のリサイクルのための素材分離、化学工学会第64回要旨集、J303(1999)

表-2 流動媒体別破碎ごみ選別結果

	ガラスビーズ(290 μ m)					アランダム					垂鉛ショット					混合粒子				
	投入試料:27.6g 空塔速度:0.09m/s					投入試料:26.2g 空塔速度:0.18m/s					投入試料:171.4g 空塔速度:1.86m/s					投入試料:164.3g 0.07m/s				
	浮上物		沈殿物			浮上物		沈殿物			浮上物		沈殿物			浮上物		沈殿物		
	投入ごみ	(a)	(b)	(a)	(b)	投入ごみ	(a)	(b)	(a)	(b)	投入ごみ	(a)	(b)	(a)	(b)	投入ごみ	(a)	(b)	(a)	(b)
木	30.3	48.1	94.5	4.1	5.5	30.7	48.0	96.3	3.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.5	79.6	86.7	15.6	13.3
紙	2.8	4.6	98.7	0.1	1.3	2.9	4.2	89.3	0.8	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	11.3	89.1	1.8	10.9
プラスチック	30.9	45.9	88.5	8.8	11.5	30.2	47.0	95.6	3.5	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.4	9.1	12.4	82.6	87.6
ガラス	5.2	0.0	0.0	12.9	100.0	6.0	0.0	0.0	15.5	100.0	32.9	52.1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
金属	29.4	0.0	0.0	72.8	100.0	29.2	0.0	0.0	75.8	100.0	67.1	47.9	45.1	100.0	54.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他	1.4	1.4	60.5	1.3	39.5	1.1	0.9	48.3	1.5	51.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	100	100	59.6	100	40.4	100.0	100.0	61.5	100.0	38.5	100.0	100.0	63.2	100.0	36.8	100.0	100.0	56.15	100.0	43.9

* (a)はそれぞれ回収された試料の組成割合[%]、(b)は投入ごみから浮上物、沈殿物のそれぞれに移行した割合[%]

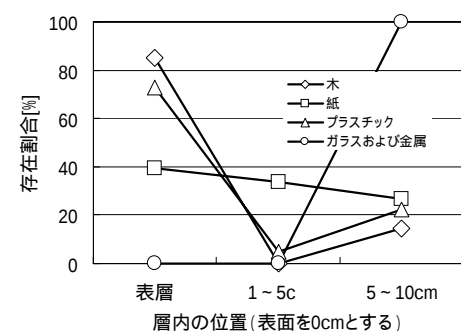
**混合粒子は、ナイロンショット80%、平均粒径68 μ mガラスビーズで、数値は8回試料を投入した結果の合計を示す

表-1 流動媒体粒子物性値び流動層見かけ密度

充填粒子	平均粒径 [μ m]	真密度 [g/cm ³]	見かけ密度 [g/cm ³]	流動層見かけ密度 [g/cm ³]	空塔速度 [m/s]
ガラスビーズ	290	2.49	1.45	1.32-1.52	0.08-0.49
垂鉛ショット	667	7.12	4.21	3.59以上	1.48-1.86
アランダム	270	3.94	1.9	1.67-1.81	0.13-0.21
混合粒子*	-	-	-	0.63-0.99	0.05-0.32

*平均粒径68 μ mガラスビーズとナイロンショットの混合粒子

(a) 空塔速度0.08m/s（穏やかな流動状態）



(b) 空塔速度0.09m/s（やや激しい流動状態）

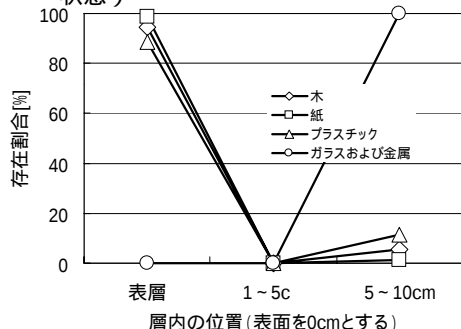


図-2 流動層内の破碎ごみ挙