

乾式比重選別機（エアテーブル）による都市ごみ焼却主灰の選別条件の検討

飯野成憲・辰市祐久・肴倉宏史*

(*国立環境研究所)

【要約】乾式比重選別機（エアテーブル）により都市ごみ焼却主灰の選別条件を検討した。小粒径では選別量を増加しても Cu、Pb が高い効率で選別された。都市ごみ焼却施設でエアテーブル選別を実施する場合、選別可能量の制約があるため、エアテーブル選別対象粒径の絞込み、渦電流選別の併用等が必要と考えられた。

【目的】

都市ごみ焼却主灰（以下、「主灰」という）の物理選別による有価／有害金属の回収は、金属回収後残渣の有害金属含有量を低減させることから、セメント原料化、土木資材としての利用を促進させ、最終処分量の低減が期待できる。本研究では、物理選別のうち欧州で実用化されているエアテーブル（比重差により粒子を選別する選別装置）に着目し、これを主灰に適用して有価／有害金属の最適選別条件を検討した。

【方法】

(1) エアテーブルの構造、制御因子、選別実験方法、及び選別可能量の推計 エアテーブルは空気と振動により高比重粒子と低比重粒子に選別する装置であり、制御因子には粒径区分のほか、サイドスロープ、エンドスロープ、空気量、振動数（実験は回転数で制御）があり、相互の力学的バランスにより選別する（図 1）。まず、選別量に影響するサイドスロープを最低の 0° に固定し、粒径ごとに 8～12 通りの選別実験を行い、最適選別条件を設定した。その後、最適選別条件下でサイドスロープのみを変化させ、選別量の増加が下記(3)に示す総合分離効率に及ぼす影響、焼却施設への適用時の選別可能量の推計を実施した。

(2) 前処理、分析方法 主灰から鉄くず等を磁力選別により除去し、0.5-1.0mm、1.0-2.0mm、2.0-4.0mm、4.0-8.0mm の 4 分画に分級した。分級した試料を約 400 g ずつに分け、エアテーブルに投入して選別実験を行った。選別前後の粒子のかさ比重を測定後、粒子を粉砕して王水分解、アルカリ溶解を行い、ICP-MS 等により定量した。代表的な有価／有害金属かつ主灰中の含有量が比較的多い金属として Pb と Cu の選別状況を評価した。

(3) 総合分離効率の評価 高比重側と低比重側のかさ比重の差が大きければ効果的に選別されていると想定されることから、かさ比重差（高比重側粒子の比重－低比重側粒子の比重）(g/cm³)、総合分離効率(η)、及び元素ごとの含有量(mg/kg)により評価した。ここで総合分離効率(η)は高比重側の目的成分の回収率、低比重側の非目的成分の回収率(排除率) -1…………… (1) で示され、-1 から 1 の範囲の値をとり、絶対値が大きいほど効率良く選別出来ることを示している。

【結果の概要】

(1) かさ比重差と総合分離効率の関係 図 2 にかさ比重差と総合分離効率 η の関係を示す。かさ比重差の増加に伴い総合分離効率は増加する傾向が確認され、Pb および Cu については、かさ比重差により選別の良否を判断できることが示唆された。また、粒径が大きいほど、分離効率は低下する傾向が確認された。図 2 の各粒径・各元素における総合分離効率が最大となる条件を最適選別条件として表 1 に示す。

(2) 最適選別条件における選別前後の含有量変化 図 3 に最適選別条件（サイドスロープ 0°）における選別前後の含有量変化を示す。選別前の含有量は、選別後の高／低比重側の元素含有量、高／低比重側の重量より計算している。特に小粒径側において、高比重（重産物）と低比重（軽産物）の含有量の差が大きい一方、粒径の増大に伴い、含有量の差は小さくなり選別が不十分になる傾向が確認された。

(3) サイドスロープが総合分離効率 η に及ぼす影響 図 4 に表 1 の Pb の最適選別条件からサイドスロープのみを変化させた場合の総合分離効率の影響を示す。サイドスロープの増加に伴い、分離効率が向上した。選別量の増加に伴いテーブル上の主灰と空気の接触状態が変化し分離効率の向上に何らかの形で寄与したと考えられた。

(4) 焼却施設にエアテーブル適用時の選別可能量の推計 (3)より、本実験ではサイドスロープを最大にすると選別量、総合分離効率のいずれも向上する。当該条件を元に、物理選別設備を設置する際の最小単位と想定される都市ごみ焼却施設におけるエアテーブル選別可能量を推計した（表 2）。粗い推計ではあるが、上段は焼却施設処理能力から計算したエアテーブル選別推計量、下段は本実験で用いたエアテーブルを 10 倍にスケールアップした場合の選別推計量である。エアテーブルの機種や構造にもよるが、太字で示すとおり各粒径において 4 台程度のエアテーブルが必要となり、設置スペース、費用の観点から主灰全量の選別は困難と考えられた。エアテーブル選別対象粒径の絞り込み、渦電流選別機等により Al や Cu、その他有価／有害金属を濃縮、回収した後、精選別としてエアテーブルを活用する等の検討が必要と考えられる。

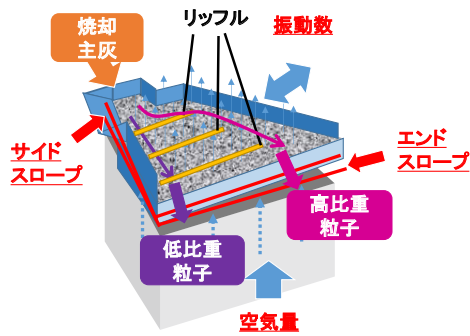


図1 エアテーブルの構造と制御因子

サイドスロープ：大きいほど選別量は大きくなる。

エンドスロープ } 高比重粒子と低比重粒子の分配量に影響
空気量 } (大きいほど低比重側に分配)

振動数：高比重粒子と低比重粒子の分配量に影響
(大きいほど低比重側に分配)
大きいほど選別量は大きくなる。

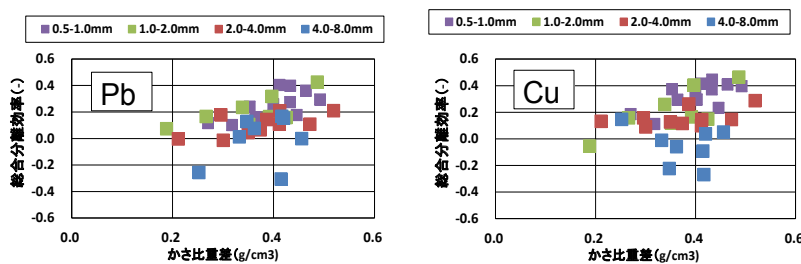


図2 かさ比重差とηの関係

- 高比重粒子の比重と低比重粒子の比重の差 (=かさ比重差) が大きいほど総合分離効率は向上した。
- 粒径が小さいほど総合分離効率は向上した。

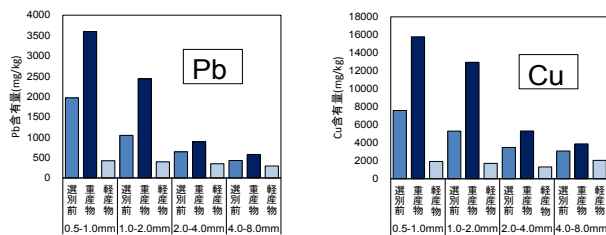


図3 Pb、Cuの最適選別条件における選別前後の含有量

- Pb、Cuともに、小さい粒径では高比重粒子と低比重粒子の含有量の差が大きく、有効に選別された。

表1 Pb、Cuの最適分離条件 (サイドスロープ 0°)

粒径(mm)	元素	エンドスロープ(°)	回転数(rpm)	空気量(m/s)
0.5-1.0	Pb	10.5	700	1.23
	Cu	10.5	750	1.74
1.0-2.0	Pb、Cu	10.5	700	2.36
2.0-4.0	Pb、Cu	10.5	700	2.78
4.0-8.0	Pb	14.5	800	2.64
	Cu	13.5	650	2.01

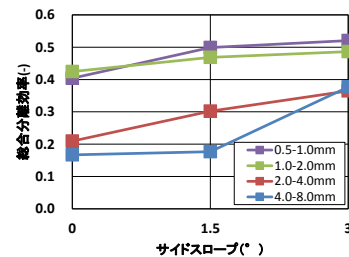


図4 サイドスロープとηの関係

- いずれの粒径もサイドスロープの増加により総合分離効率が向上した。
- サイドスロープが最大の3でも総合分離効率は小粒径ほど高かった。

表2 選別可能量の推計

項目	数値	単位	記号	備考
焼却施設処理能力	300	t/day		
乾灰発生量(鉄・異物除く)	18	t/day	a	
エアテーブル選別割合	0.736	-	b	3.1より
エアテーブル選別量 (各粒径が等量発生した場合)	13.2	t/day	c	a*b
エアテーブル選別量 (各粒径が等量発生した場合)	3.31	t/day	d	c/4
単位換算(8h/day稼働)	0.08	t/day	f	e*60*8*10 ⁻⁶
スケールアップ(10倍)	0.8	t/day	g	f*10

- 上段は焼却施設処理能力より、下段は本実験の10倍スケールとして、それぞれ計算した推計選別量である。太字で示す 3.31/0.8 > 4より、各粒径で4台以上のエアテーブルが必要である。
- エアテーブルの機種や構造、運転時間、粒径分布により選別量は変わる可能性がある。

謝辞 本研究の一部は、(独)環境再生保全機構の環境総合推進費(3- 1804)の支援により実施された。