

## 流動床式焼却炉より発生する都市ごみ焼却不燃物等の化学成分分析

飯野成憲・辰市祐久・小泉裕靖・寺嶋有史

\*\*\*\*\*

【要約】流動床式焼却炉から発生する不燃物及び都市ごみ焼却灰の成分分析を実施した。不燃物には金属系残渣(10~43%)とガラス陶磁器系屑を主体とする残渣(57~90%)が含まれていた。焼却灰の主要成分としてはボイラー灰、エコマイザー灰、減温塔灰、集じん灰においてCaOが多かった。セメント原料の阻害成分としては集じん灰のClが多く、脱塩処理が必要と考えられた。また、不燃物の金属系残渣ではばらつきが大きいものの貴金属が多く、不燃物のガラス陶磁器系残渣ではCuが集じん灰等と比較して多かった。動脈産業における天然資源投入量の削減のためには、不燃物から金属資源を回収することが重要であると考えられた。

\*\*\*\*\*

### 【目的】

近年欧州を中心に都市ごみ焼却灰(以下、「焼却灰」という)から金属資源を回収する取組が進んでいる<sup>1)</sup>。国内ではこうした取組はまだ一部に留まるが、焼却灰がセメント成分に近いことからセメント原料化が注目されている。都市ごみの焼却形式にはストーカー式焼却炉や流動床式焼却炉等があり、これまでストーカー式焼却炉から発生する焼却灰の金属の資源性評価がよく行われている<sup>2,3)</sup>。しかし、流動床式焼却炉から発生する焼却灰の金属の資源性や、セメント資源化において制約となる塩素等の阻害成分についての知見は十分とはいえない。そこで本研究では、流動床式焼却炉から発生する焼却灰の金属成分、セメントとしての阻害成分について調査した。

### 【方法】

流動床式焼却炉の一例を図1に示す。可燃ごみは高温の砂の中で燃焼し、炉下部で不燃物が分離回収される。排ガスに含まれるばいじんはエコマイザー、減温塔を経て集じん灰として回収される。東京都内の流動床式焼却炉を有するA及びB清掃工場から各3回、図1赤字の採取可能な箇所より採取し、図2のフローに従って分析した。ただし、ICP/MS及びICP/AESと蛍光X線分析装置(EDX)では貴金属成分を除き概ね同値であったため、以下ではすべてEDXによる分析結果を示す。EDXの定量下限値はいずれも0.1%とし、3回採取した試料の平均値を元素含有量とした。

### 【結果の概要】

(1) 試料の外観 写真1はA工場の不燃物である。手選別により金属系残渣(X)とガラス陶磁器系残渣(Y)に分別したところ、A工場ではX:27~43%、Y:57~73%、B工場ではX:10~25%、Y:75~90%であった。

(2) セメント原料の主要成分の比較(図3) セメント主原料の石灰石の代替と成り得るCaOは、不燃物を除きいずれの試料も概ね30~40%含まれていた。不燃物のガラス陶磁器系残渣や流動砂はSiO<sub>2</sub>が多かった。セメント主要成分の観点からは、不燃物を除いたいずれの試料もセメント原料として有望と考えられた。

(3) セメント原料の阻害成分の比較(図4) セメント原料の阻害成分であるCl, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>の含有量を比較した。Clは普通ポルトランドセメントでは0.035%という基準がある。普通ポルトランドセメントでは他の産業廃棄物等も併せて焼成するため、都市ごみ焼却灰のClは希釈されるが、特に集じん灰では脱塩処理が必要なレベルであった。

(4) 貴金属成分の比較(図5) 不燃物の金属系残渣ではAgやPdが高濃度に含まれていた。ただし定量下限値以上のAg及びPdが検出されたのは、A工場では10回測定したうち、それぞれ2回、1回となるなど、試料のばらつきが大きいと考えられた。ICP/MSにより分析したA工場におけるAuは最大でも2mg/kg程度であった。

(5) ベースメタルの比較(図6) ガラス陶磁器系残渣には他の焼却灰と比較して高いCuが含まれていた。揮発して集じん灰等に分配されやすいとされるZnやPbのうち、Znはボイラー灰以降で概ね同値である一方、Pbは不燃物にも一定程度含まれていた。また、不燃物の金属系残渣のCrは、主にステンレス由来と考えられた。

【参考文献】1) 肴倉宏史ら：全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集，pp.226-228(2017) 2) 山本浩ら：廃棄物学会論文集，Vol.18, No.5, pp.314-324(2007) 3) S. Iino et al.: *proceedings of 4th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management* (2017)

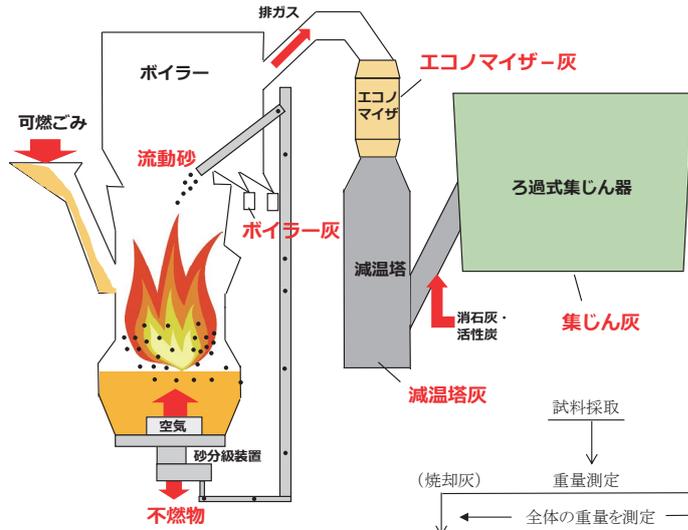


図1 流動床式焼却炉模式図 (A工場)



写真1 A工場不燃物 (左: 金属系、右: ガラス陶磁器系)

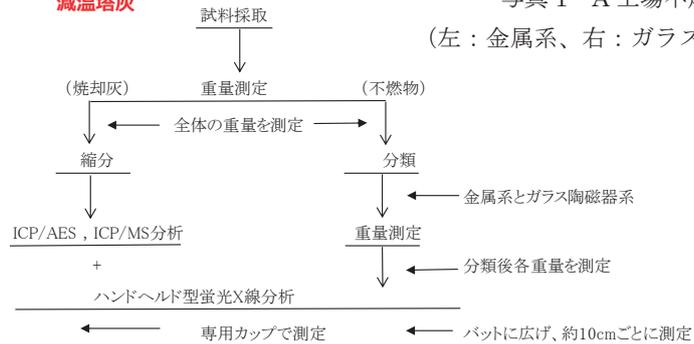


図2 分析フロー

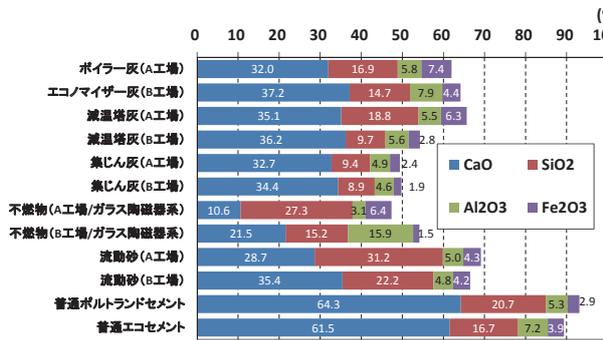


図3 セメント原料の主要成分の比較

セメント主原料の石灰石の代替となりうる CaO は不燃物を除き概ね 30~40%。不燃物のガラス陶磁器系残渣や流動砂は SiO2 が多い。

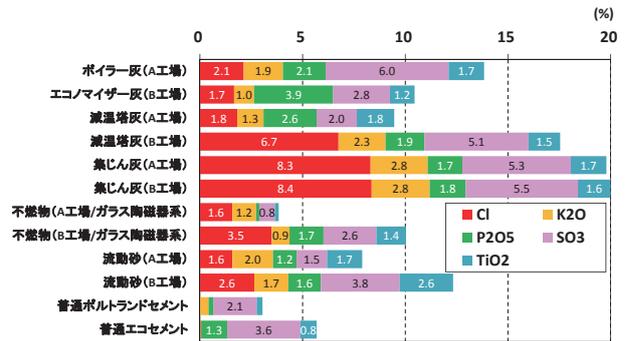


図4 セメント原料の阻害成分の比較

都市ごみ焼却灰の Cl は希釈されるが、特に集じん灰では脱塩処理が必要なレベルであった。他の試料もセメントと比べ高濃度の Cl、K<sub>2</sub>O を含んでいる。

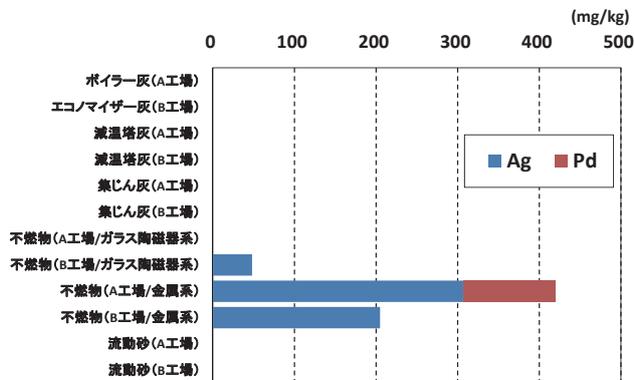


図5 貴金属成分の比較

不燃物の金属系残渣では Ag や Pd が高濃度。ただし試料のばらつきが大きい。ICP/MS により分析した A 工場における Au は最大でも 2mg/kg 程度。

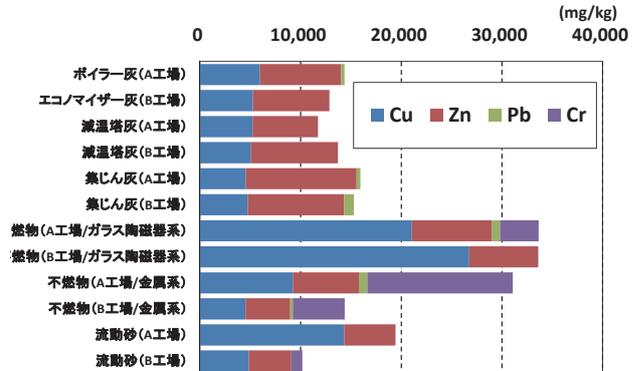


図6 ベースメタルの比較

ガラス陶磁器系残渣には他の焼却灰と比較して高い Cu。揮発しやすい Zn や Pb では、Zn はボイラー灰以降で概ね同値である一方、Pb は不燃物にも含有。不燃物の金属系残渣の Cr は、主にステンレス由来と想定。