

清掃工場焼却灰に含まれる水和物が熱灼減量に与える影響について

福岡市環境局廃棄物試験研究センター ○今井啓太 井上哲男 石田眞滋

1 はじめに

清掃工場における水冷された焼却灰には水和物が含まれており、この水和物は105℃より高い温度領域で無水化し減量するため、熱灼減量測定における明確な未燃分の把握を妨げている^{1) 2)}。本稿では、水和物が熱灼減量に与える影響の程度を調査した結果について報告する。また、燃焼過程後段にロータリーキルンを有する清掃工場の焼却灰熱灼減量が、水和物の影響をより強く受けている傾向が見られたため、その要因検討のために実施した灰の性状調査結果についても併せて報告する。

2 調査概要

調査は福岡市直営の3つの清掃工場(全てストーカ式焼却炉)の焼却灰を用いた。各清掃工場の施設能力を表1に示す。灰は、水冷後の灰押出装置から採取し、設定温度 105℃の乾燥機で十分に乾燥させた後、5mm の篩にかけ不燃物を除去したもの(以下、乾燥灰と表記する)を試料とした。調査項目として、灰の強熱減量試験及び元素分析を行い、その詳細を以下に示す。

(1) 強熱減量試験

熱灼減量試験方法に基づき、マッフル炉にて目的とする温度で3時間強熱処理を行い、強熱処理前後の重量の差から減量割合を算出した。本試験においては、強熱処理での灰重量変化を比較するため、篩に残った除去不燃物重量割合は灰の強熱減量に考慮しない。

(2) 元素分析

測定試料の均質化をはかるために、元素分析では乾燥灰を破砕機で粒径が1mm以下になるように破砕して使用した(以下、乾燥破砕灰と表記する)。元素分析項目は、金属成分(Na、Mg、Al、K、Ca)及び炭素について測定を行い、金属成分は乾燥破砕灰を硝酸・過塩素酸で分解処理をしたものをICP-MSで、炭素は乾燥破砕灰をそのままCHNコーダーで測定した。

表1. 調査対象の福岡市清掃工場の施設能力

	焼却炉における各設備の有無		炉数(炉)	最大焼却能力 (t/day/炉)
	ストーカ	ロータリーキルン		
A工場	○	○	2	300
B工場	○	—	3	300
C工場	○	—	3	250

3 結果

(1) 水和物が熱灼減量に与える影響の程度について

調査概要に記した3工場の灰を8日間に分けて採取し、それぞれ600℃強熱減量(熱灼減量)を測定した結果を表2に示す。8日間の平均値で比較すると、A工場3.14%、B工場1.83%、C工場1.58%で、一般廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準である熱灼減量10%以下ではあったものの、A工場がB、C工場より高い傾向が見られ、B工場に関しても調査日③や⑦でやや高めの結果が見られた。

これらの灰は全て水冷後に採取した灰であり、熱灼減量には105℃より高い温度領域で無水化する

水和物の減量も含まれていることが考えられるため、以下の試験を実施し、水和物の影響の程度を調査した。

試験内容詳細は、図1に示すとおりで、熱灼灰に灰が浸る程度の蒸留水を加水し、105℃で乾燥させ、再度600℃強熱処理した各灰の重量を比較した（以下、加水後熱灼試験と表記する）。熱灼減量の測定条件である600℃の強熱処理を行えば、未燃分は全てなくなるため、加水後の熱灼減量は水和物の無水化による影響と考えることができる。乾燥灰重量を1とした各工場の熱灼灰、加水後乾燥灰、加水後熱灼灰の重量比を図2に示す。全ての灰で、加水後乾燥灰が熱灼灰の重量にならず、乾燥灰と同程度まで重量が増加していた。また、加水後熱灼灰の重量は熱灼灰重量とほぼ同じになったことから、加水操作により105℃より高い温度領域で無水化する水和物が新たに生成したことが考えられた。

以上の結果から、本市の水冷された焼却灰の熱灼減量はA～C工場間で多少の差は見られたが、水和物の無水化による減量が大きく影響していることが考えられた。

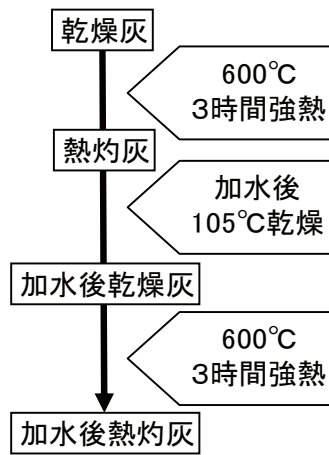


図1. 加水後熱灼試験処理フロー

表2. 焼却灰熱灼減量測定結果(単位:%)

	A工場	B工場	C工場
①	3.26	1.37	1.30
②	3.16	1.24	1.21
③	2.76	2.64	1.43
④	3.39	1.28	1.61
⑤	3.32	1.95	1.74
⑥	3.14	2.00	1.60
⑦	2.62	2.55	2.14
⑧	3.45	1.64	1.58
平均	3.14	1.83	1.58

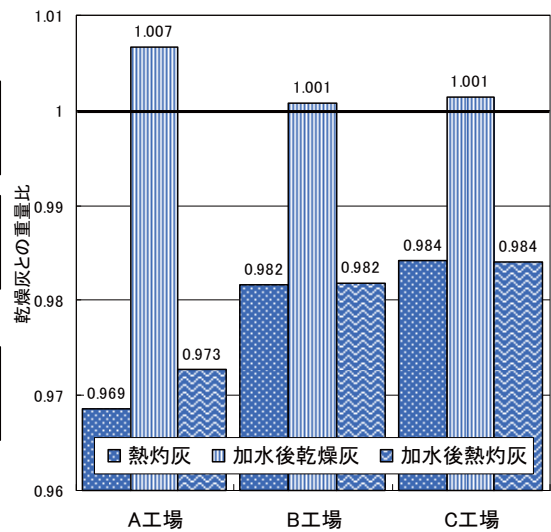


図2. 乾燥灰重量を1とした熱灼灰、加水後乾燥灰、加水後熱灼灰の重量比

(2) 熱灼減量が高くなるロータリーキルン処理灰の性状調査について

(1)の調査より、燃焼過程後段にロータリーキルンを持つA工場の焼却灰は、キルンを持たない工場よりも熱灼減量が高くなっていた。また、加水後熱灼試験から水と反応して水和物を生成しやすい傾向が見られたため、その要因を調べるために3工場の焼却灰の性状調査を行った。焼却灰は(1)の調査とは別に各工場8回に分けて採取し、それぞれ熱灼減量及び元素分析を行った。各工場の測定結果の平均値を表3に示す。

表3. 市内清掃工場の焼却灰熱灼減量及び元素分析測定結果

	熱灼減量 (%)	金属成分 (mg/g)					炭素 (mg/g)
		Na	Mg	Al	K	Ca	
A工場	2.8	7.8	7.1	41	4.7	149	2.3
B工場	2.5	9.3	7.8	37	5.1	179	13.7
C工場	1.5	8.5	6.8	30	6.6	149	16.3

熱灼減量に関しては、B工場がやや高かったが、(1)の調査結果と同様のA工場が最も高くなる傾向を示していた。金属成分に関しては、各工場の灰に大きな違いは見られず、金属成分の含有量と熱灼減量に相関は見られなかった。しかし、炭素に関しては、A工場とB、C工場で含有割合が大きく異なっていた。

次に、各工場の灰の性状の違いから、強熱処理温度条件を変えた場合、重量変化に違いがあることが考えられたため、強熱温度別の減量試験を行った。温度は200℃、400℃、600℃、800℃の4種類に分けて各条件3時間強熱し、乾燥灰からの減量割合を算出した。結果は図3のとおりで、A工場の灰重量は、200℃から400℃の間で大きく減少したが、全体的にはなだらかに減少していた。一方、B、C工場の灰減量は600℃までは小さかったが、800℃にかけて急激に大きくなっていった。

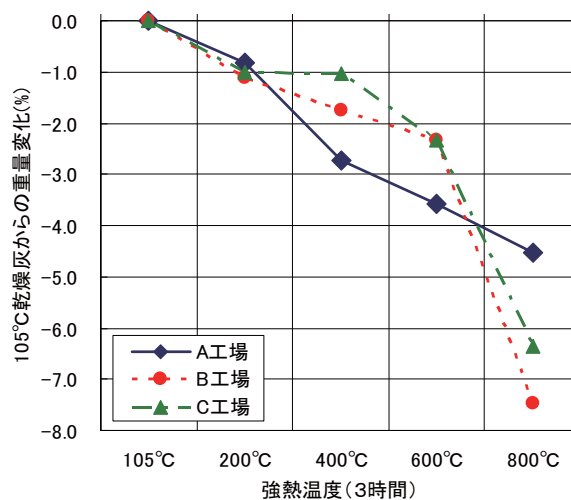


図3. 強熱温度別の焼却灰の減量試験結果

この結果を受けて、乾燥灰と600℃及び800℃の強熱処理灰の炭素量を測定した結果を表4に示す。B、C工場の灰は強熱温度別の減量試験結果と同様に600℃から800℃にかけて大幅に炭素が減少しており、これらは無機炭酸塩からの炭酸脱離によるものと考えられ、A工場の灰の炭素の変動と異なっていた。

表4. 乾燥灰、600℃及び800℃の強熱処理灰の炭素含有量 (単位: mg/g)

	105℃乾燥灰	600℃強熱灰	800℃強熱灰
A工場	2.82	2.10	0.30
B工場	13.4	13.5	0.38
C工場	17.2	16.4	0.30

以上の灰性状調査から、燃焼後段でロータリーキルンを有するA工場の灰が水和物を生成しやすい要因を明確にすることはできなかったが、B、C工場と比較して炭素含有量が低く、また、炭素の性状にも違いがあることが推定された。

4 まとめ

本市における水冷された焼却灰の熱灼減量は、灰の乾燥温度である105℃より高い温度領域で無水化する水和物の影響を大きく受けていることがわかった。熱灼減量測定において明確な未燃分の把握をするためには、水冷灰ではなく乾燥灰で測定を行うことが望ましい。また、燃焼過程後段にロータリーキルンを持つ本市A工場の灰は水冷時に水和物を生成しやすい傾向があり、その要因は明確にできなかったが、キルンがない工場灰と比較して炭素含有量が少ない特徴を持っていた。

参考文献

- 1) 富山茂男ら: 焼却灰の熱灼減量と性状、第25回全国都市清掃研究・事例発表会論文集、72~74、2004. 2
- 2) 山本浩ら: 水和物による焼却灰(湿灰)の熱灼減量値増加現象、第26回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集、152~154、2005. 1