

横浜市下水道局 正会員 古山 諭, 香林 仁司

1 はじめに

現在、横浜市では年間約100,000tの脱水汚泥が発生し、その内約50%が焼却されている。その焼却灰は、約9,000tであり、市内の最終処分場へ輸送され埋立処分されている（昭和56年度実績）。焼却灰は微粉体で飛散しやすいため、輸送時には約20%も加湿している。そこで、この焼却灰を固形化すれば、取り扱いが非常に楽になり、さらに減容化されることによって、限られた最終処分場の有効利用が図られるとともに、固形化物の再資源化への可能性も生じてくる。

本市では現在まで、セメント固化、マイクロ波溶融、アスファルト固化、プラスチック固化、高温高压蒸気法、灯油燃焼溶融等の固形化について実験を行ったが、今回はその中でもコンパクトな設備で排ガス処理も簡単なマイクロ波溶融について報告する。

2 マイクロ波溶融の原理

マイクロ波溶融とは誘電加熱といわれる電気加熱法の一つである。一般的には電子レンジがよく知られており、また土木分野ではビルの無騒音解体、海底岩盤の破砕等に採用されている。

下水汚泥焼却灰にこの方法を適用する場合、焼却灰を金属容器に入れその上部よりマイクロ波を照射する。マイクロ波は金属表面で反射する性質があるため、汚泥に吸収されながら容器の底面に達し、そこで反射されて再び汚泥に吸収される。照射によって焼却灰は加熱され昇温するが、容器周辺部はマイクロ波電界が弱く、放熱により昇温しにくいため、中央部がより高温となる。マイクロ波は高温部ほど吸収され易いため、中央部は急激に昇温し溶融する。一方周辺部の焼却灰は中央部ほど高温にならず断熱材の役目をする。焼却灰はマイクロ波の照射開始より約20分で溶融を始める。

溶融部のマイクロ波の浸透長は1~2cm（915Hzの場合）であり、焼却灰中では約20cmである。このため溶融部表面を焼却灰で覆えば、溶融部からの熱の放散が減り、熱効率が高くなる。また連続的に溶融処理を行う場合には入口と出口が必要であるが、これらは口径がマイクロ波の波長の $\frac{1}{4}$ 以下であれば、マイクロ波を外部に逃すことなく設けることができる。溶融炉の概要を図-1に示す。

3 実験結果

本実験では図-2に示すような、能力約3.5kwのマイクロ波溶融炉を用い、横浜市中心汚泥焼却施設で脱水汚泥を焼却した灰を溶融処理した。また本体の設置に要した敷地は約16m²×8m²程度であり、

図-1 溶融炉概要図

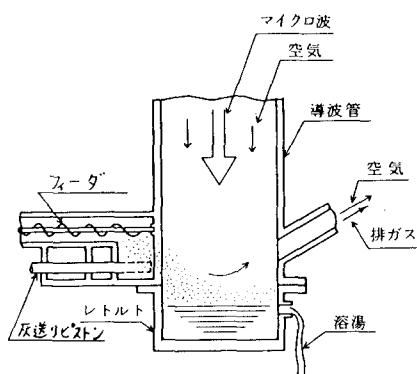
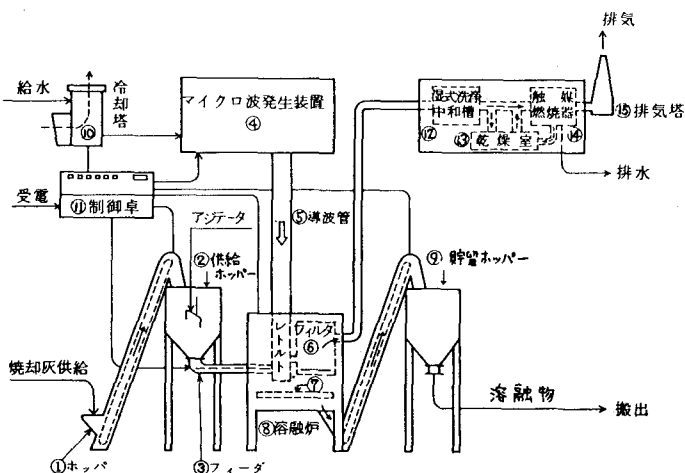


図-2 実験施設概要図



排ガス処理装置には約9^m×5^m程度を要した。

実験時の焼却灰の投入量と溶融物の生産量を表-1に示し、それぞれの組成を下の表-2に示す。生産された溶融物は径6~8^{mm}程度のガラス質物質であった。

3-1 有害物質の封緘

有害物質の含有量と溶出試験の結果を表-3に示す。物質収支より回収率を計算すると、有害物質はほぼ完全に封緘されている。また溶融物の溶出試験結果より、有害物質の溶出はほとんど認められない。

3-2 排気ガスについて

本実験装置から排出するガスは、炉内で起こるマイクロ波の放電を軽減するために送り込まれた空気と溶湯から発生するガスとの混合ガスで、その発生量は200^{Nm}程度と少なく、温度は60℃程度であった。ガスの成分は表-4に示すように、NO_x、HClについては問題ないが、SO_xは2000^{ppm}程度であり脱硫設備(NaOH洗浄)を設置することが必要である。

4 溶融物の建設資材への利用について

溶融物の基礎的性質を表-5に示す。

急冷により生産された溶融物は、固結時の内部応力によって細かなクラックが生じ、粉状に破砕されやすい。このため、いづれの強度試験においても小さな値となっており、骨材として利用可能な十分な強度は有していない。しかし溶融物は酸・アルカリに侵されず耐久性があるので、軟弱地盤工事での入れ換砂等、また歩道堀削の際の埋戻し材として使用することが可能である。

別にバッチ式で徐冷した溶融物は、強度試験の結果、骨材として利用可能な十分な強度を有していることが確認された。徐冷する場合には、溶融物の成形方法により粒度の調整も可能であるので、路盤材、骨材等、各種建設資材への利用が可能である。

表-2 溶融物の組成

	水分	発熱量	VTS	真比重	嵩比重	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
焼却灰	0.77 %	<40 Cal/g	0.34(%)	2.906	0.849	38.4(%)	16.5(%)	13.6(%)	13.2(%)	2.44(%)	1.21(%)	1.36(%)	0.29(%)	14.75(%)
溶融物	—	—	<0.01 %	2.851	1.733	43.1	17.2	14.2	13.4	2.52	1.21	1.35	0.30	4.32

表-3 有害物質の含有量と溶出試験結果

項目	焼却灰	溶融物	ダスト	ヒューム	回収率	溶出試験結果	基準値
T-Cr	265 (mg/kg)	320 (mg/kg)	0.659 (mg/m ³)	<0.2 (mg/m ³)	99.7 (%)	<0.05 (mg/l)	—
Cr ⁶⁺	<0.5 "	<0.5 "	—	<0.5 "	—	<0.05 "	<1.5 (mg/l)
Pb	292 "	303 "	23.7 "	<0.2 "	90.9 "	<0.05 "	<3.0 "
Cd	3 "	3 "	0.337 "	<0.05 "	87.6 "	<0.01 "	<0.3 "
Zn	3,940 "	3,860 "	83.8 "	<0.3 "	97.3 "	<0.05 "	—
Cu	620 "	605 "	5.73 "	<0.2 "	98.8 "	<0.05 "	—
Ni	126 "	174 "	0.431 "	<0.2 "	99.7 "	<0.02 "	—
T-Hg	<0.01 "	<0.01 "	<0.01 "	<0.01 "	—	<0.0005 "	<0.005 "
As	2.4 "	5.7 "	0.449 "	<0.005 "	90.2 "	0.007 "	<1.5 "

表-4 排気ガス分析

項目	炉内雰囲気	本装置排出口
SO _x	2073 ppm	< 5 ppm
HCl	37 "	4 "
NO _x	67 "	31 "
O ₂	20.5 %	20.2 %

表-5 溶融物の基礎的性質

項目	急冷	徐冷時間			天然の岩	
		15分	60分	24時間	安山岩	凝灰岩
圧縮試験(MPa)	350	1200	3800	7000	1340	198
引張試験(MPa)	0~25	90	290	620	—	—
曲げ試験(MPa)	0~35	110	310	670	—	—