
プラズマ式ごみ焼却灰の溶融システム

High Power Plasma Arc Melting System for Incinerated Ash Contraction

木下 勝雄(Katsuo Kinoshita) 中野 健治(Kenji Nakano) 有明 紘治(Kohji Ariake)
加賀 彰(Akira Kaga) 下山 統康(Noriyasu Shimoyama) 井上 宏(Hiroshi Inoue)

要旨：

高出力プラズマを用い、焼却灰を減容し、無害化、再資源化するプロセスを開発した。実験は千葉市清掃局の北谷津清掃工場内に設置した処理能力1 t / h、プラズマ電気容量1 MWの実証プラントで行った。溶融に先立ち、湿灰は溶融炉の排ガス顕熱を利用したキルンで乾燥した。本プロセスの熱収支、物質収支および湿灰トン当たりの電力原理位を明らかにした。溶融プロセスにより灰は水砕スラグに変質し容積が3分の1に減容化されるとともに無害化された。スラグは透水性タイルの製造における添加材やアスファルトコンクリートの補強材として利用された。飛灰からは有害重金属が溶出するが、飛灰に少量のキレート剤を添加して重金属の溶出を防止する方法も開発した。

Synopsis：

A new process to reduce the volume of the incinerated ash and to make the ash harmless and recyclable has been developed using a high power plasma arc system. Experiments were made in the Kitayatsu Incineration Plant in Chiba City using the demonstration plant having an ash melting efficiency of 1000kg/h and a maximum plasma power of 1000 kW. Prior to melting, the wet ash was dried by a rotary drier using the heat of the exhaust gas from the melting furnace. The energy balance and material balance as well as the minimum consumption of electric power per ton of wet ash were made clear by the experiments. The melting process metamorphosed ash into granulated slag, which was reduced to one-third in its volume without any toxic problem. The slag was used as an additive for producing water-permeable tiles and an aggregate of asphalt concrete. Although harmful chemicals were eluded from the fly ash, a method for preventing the elution was also developed by adding a small amount of the chelating agent to the ash.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

High Power Plasma Arc Melting System for Incinerated Ash Contraction



木下 勝雄
Katsuo Kinoshita
エンジニアリング事業
本部 鋼構造研究所
主任研究員(部長)・工
博



中野 健治
Kenji Nakano
エンジニアリング事業
本部 環境エンジニア
リング部 主任部員
(課長)



有明 紘治
Kohji Ariake
川崎重工業(株) 環境
装置事業部環境装置
一部 部長



加賀 彰
Akira Kaga
川崎重工業(株) 環境
装置事業部環境装置
一部 主査



下山 統康
Noriyasu Shimoyama
東京電力(株) 電力技
術研究所電気利用研
究室 主任



井上 宏
Hiroshi Inoue
千葉市清掃局 施設部
施設管理課 補佐

1 緒 言

環境の保全と資源の再利用を目的として、プラズマを用いて都市ごみ焼却灰の溶融スラグ化を図る試験を小型溶融炉¹⁾(プラズマ電気容量 240 kW, 処理能力 200 kg/h)を用いて行ってきた²⁾。この技術の実用化を図るためさらに大型の実証設備(1 000 kW, 1 000 kg/h)を建設し、経済性、操作性、耐久性等についての試験を行った。本技術開発は東京電力(株)、川崎製鉄(株)および川崎重工(株)の3社が共同で千葉市の協力を得て行ったもので、実証設備は千葉市北谷津清掃工場内に建設し、同工場の都市ごみ焼却灰を供給灰とした。

2 プラズマ溶融システム

設備の仕様を Table 1 に、溶融システムのフロー図を Fig. 1 に示す。

要旨

高出力プラズマを用い、焼却灰を減容し、無害化、再資源化するプロセスを開発した。実験は千葉市清掃局の北谷津清掃工場内に設置した処理能力 1 t/h, プラズマ電気容量 1 MW の実証プラントで行った。溶融に先立ち、湿灰は溶融炉の排ガス顕熱を利用したキルンで乾燥した。本プロセスの熱収支、物質収支および湿灰トン当たりの電力原単位を明らかにした。溶融プロセスにより灰は水砕スラグに変質し容積が3分の1に減容化されるとともに無害化された。スラグは透水性タイルの製造における添加材やアスファルトコンクリートの補強材として利用された。飛灰からは有害重金属が溶出するが、飛灰に少量のキレート剤を添加して重金属の溶出を防止する方法も開発した。

Synopsis:

A new process to reduce the volume of the incinerated ash and to make the ash harmless and recyclable has been developed using a high power plasma arc system. Experiments were made in the Kitayatsu Incineration Plant in Chiba City using the demonstration plant having an ash melting efficiency of 1 000 kg/h and a maximum plasma power of 1 000 kW. Prior to melting, the wet ash was dried by a rotary drier using the heat of the exhaust gas from the melting furnace. The energy balance and material balance as well as the minimum consumption of electric power per ton of wet ash were made clear by the experiments. The melting process metamorphosed ash into granulated slag, which was reduced to one-third in its volume without any toxic problem. The slag was used as an additive for producing water-permeable tiles and an aggregate of asphalt concrete. Although harmful chemicals were eluded from the fly ash, a method for preventing the elution was also developed by adding a small amount of the chelating agent to the ash.

2.1 灰供給系

北谷津清掃工場の焼却灰は、ストーカー炉のボトム灰にEP灰を加えた混合灰で清掃工場の灰ビットから取り出した状態では40%以上の含水率があり、本設備に付設した灰ビットにダンプし、1~2昼夜水切りを行うと含水率は30%程度に減少する。しかし、灰の溶融には10%以下の含水率が好ましい。そこで、含水率調整のため灰乾燥機を設置した。

水切りした湿灰はショベルローダーにてグリズリーフィーダに供給し、篩にかけて粒径 50 mm 以下とし、さらに磁選機で鉄分を除去した後、乾燥機に装入する。灰乾燥機はロータリードライヤ方式で、溶融炉の排ガスを2次燃焼炉出側より吸引ブロアで乾燥機内に引き込み、湿灰と並行流で通して灰を乾燥させる。排ガスはサイ

* 平成7年3月7日原稿受付

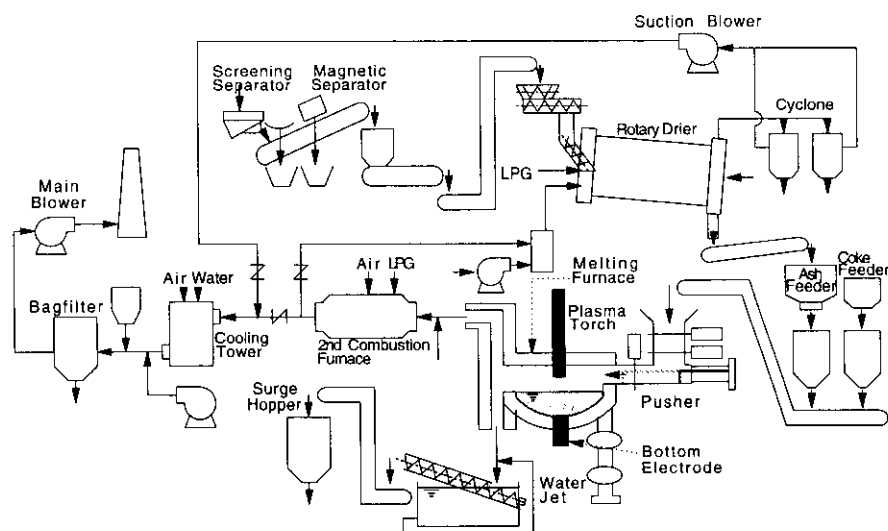


Fig. 1 Schematic flow diagram showing ash melting process

Table 1 Specifications of the demonstration plant at Kitayatsu Plasma Melting Center

Main facilities	Building area	800 m ²
	Melting capacity	24 t-ash/d
	Plasma capacity	1 000 kW
	Pretreatment of raw material	Screening separator, magnetic separator, rotary drier
	Charging of raw material	Pusher-type
	Melting furnace	Water jacket type (capable of tilting of 10°)
	Slag treatment	Water-jet crushing
Exhaust gas treatments	Reduction of NO _x by addition of reducing material	
	Combusting chamber for CO	
	Cooling tower	
	Cooling by secondary air	
	Bagfilter	

クロンで除塵した後、溶融炉の排ガス系に戻す。湿灰の供給量が増え排ガス熱量が不足する場合は、乾燥機に付設した LPG バーナーで追加热する。含水率を 0～15% に調整した乾灰は一度ホッパに貯留しサークルフィーダにより定量づつ切り出し、副資材であるコークスとともに溶融炉の灰供給ホッパに装入する。溶融炉には周方向に 2 連のホッパがあり、切り換えシュートにより灰を交互に供給し、プッシャーによって炉内へ装入する。

2.2 溶融炉

溶融炉は Photo 1 に示すように鍋底形状の炉底を持った平たい円筒形で、炉の内径は 1 800 mm、高さ 860 mm、浴深さ 220 mm である。炉壁および炉蓋は水冷ジャケットにより冷却される。2 連の灰供給ホッパの対向する位置に排気口を兼ねた排滓口があり、溶融スラグは溢流堰上の樋を通して炉外に流出する。炉蓋の中心部にトーチ挿入口があり、トーチは炉蓋上に付設されたマストによって



Photo 1 External view of plasma melting furnace

保持され、昇降可能である。炉底中心には黒鉛電極が埋設され、炉外の下端部を水冷ジャケットからなる把持機により保持されると共に冷却される。

灰供給ホッパと排滓口を結ぶ方向と直角の位置の側壁に開閉式の点検扉があり、炉の予熱、添加物の炉内への挿入等に用いる。

炉体は機械駆動により排滓口側に 10° 傾動でき、操業の終了時や炉内に金属が溜まった際は炉を傾動して炉内溶湯を出湯する。スラグの溶融においては耐火物の寿命が問題である。特に流速の大きい樋部分の溶損は激しく、長時間運転上の対応が求められる。本設備では樋煉瓦の下部に水冷ジャケットを置き樋部を冷却するとともに、炉を止めて全体を冷却することなく、樋部分の補修を行えるよう排滓口部分の炉体構造を扉による開閉方式としている。

2.3 排滓系

溢流樋から流出するスラグは水ジェットで水砕され水槽中に溜まるが、これをスクリュコンベアにより水切り搬出し、サージホッパに貯留する。水砕時の水ジェットの噴出速度を遅くすることにより繊維状スラグの発生を抑制し、速くすることにより金属を細粒化する。

2.4 排ガス系

溶融炉から出た排ガスは、約 10% の CO を含むため 2 次燃焼炉で燃焼させた後、灰乾燥機を使わない場合は冷却塔にてミストプレーを用いて 400℃ まで冷却し、さらに 2 次空気を取り入れて 180℃ まで降温してバグフィルタで除塵する。一方、灰乾燥機を使う場合は排ガス主管に取り付けたダンパと灰乾燥機への取り込み配管に取り付けたダンパの開度を調節し、バグフィルタの入口温度が 180℃ になるように制御する。

2.5 プラズマシステム

プラズマ供給系は、米国 PEC 社製で、電源、冷却水供給系、プラズマガス供給系およびプラズマトーチから構成される。電源は最大出力 1000 kW の定電流制御直流電源である。プラズマトーチはトランスファー型で、炉天井部からトーチが挿入され、炉底に黒鉛電極を置き、極性はトーチが正極、炉底電極が負極である。プラズマガスは種々のガスが使用可能であるが、ここでは入手が容易でコスト的に安価なエアを用いた。

3 ごみ焼却灰溶融試験

3.1 試験方法

溶融炉の点検扉を開け、LPG バーナーにより予熱をし、炉内が 900℃ 程度になるとプラズマに着火する。この段階で乾燥機を運転し、乾灰をサージホッパーに貯留する。炉温が 1100℃ 以上に達すると灰の供給を開始する。

プラズマガスにエアを用いるため排ガス中に NO_x が発生する。このため、灰供給量の 3% のコークスを添加し、炉内雰囲気にて約 10% の CO を発生させ NO_x を還元する。

炉内で溶融したスラグは排滓樋を通して流出し、これを水ジェットで水砕スラグとする。

灰は磁選機を通して鉄分を除去しているが、それでも乾灰中には金属鉄で 0.5%、トータル鉄で 8% 程度の鉄分が含まれる。乾灰中の鉄分は炉内で一部還元され、灰供給量の 5% 程度が金属鉄として炉内に貯留してくる。炉内容積が金属鉄により占有されると灰の溶融効率が低下するため、約 80 t 程度の灰を溶融した後は、炉を傾動して金属鉄を出湯して水砕処理をする。

設備の耐久性を調べるため 33 日間の連続操作を行い、トーチの電極寿命、排滓樋の寿命、排滓樋の熱間補修方法等を確認するとともに、系の物質収支と熱収支、灰溶融の電力原単位を明らかにした。また、灰、溶融スラグ、溶融飛灰等の組成を分析するとともにスラグ、飛灰の溶出試験を行いそれらの性状を明らかにした。

3.2 試験結果と考察

3.2.1 乾燥機による灰の予備処理

Fig. 2 に乾燥機への供給量別の湿灰の含水率と乾燥灰の含水率の変化を示す。

水切り後の湿灰の含水率が安定しないことと、溶融炉の処理量の変動による排ガス量の変化で、乾燥灰の含水率は大きくばらついているが、ほぼ 20% 以下が得られている。

3.2.2 プラズマトーチの電極寿命

Fig. 3 にプラズマ電流に対する電極損耗量を示す。小型溶融炉での結果と同様、電流の増加につれ損耗量は減少するが、これは電流の増加につれアークが安定化するためと考えられる⁴⁾。図中 #1 印

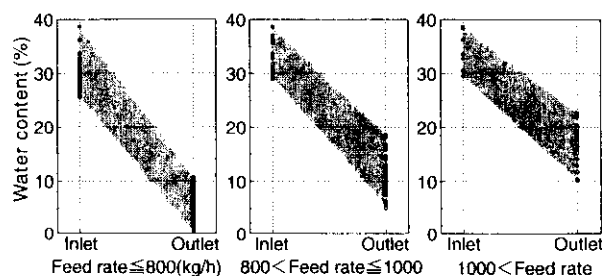


Fig. 2 Variation of water content between at inlet and at outlet of drier

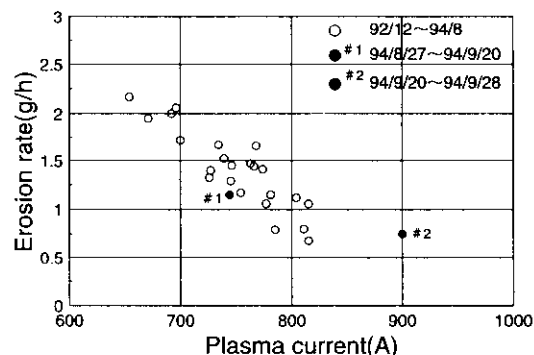


Fig. 3 Variation of erosion rate of electrode with plasma current

および #2 印は長時間連続操作の前半部および後半部に相当し、特に後半部においては灰溶融量の増加を図ったため操作電流も大きく、その結果電極損耗量も 1 g/h を切り 0.75 g/h を達成した。この電極の重量は 8.3 kg あり、損耗代として 2 ~ 3 kg を確保できることから、2000 ~ 3000 h の電極寿命を達成できると予想される。

3.2.3 長時間運転時の物質収支

Fig. 4 に長時間連続操作時の物質収支を示す。乾燥機に装入された湿灰の 17% が水分として、1.6% が飛灰として除去される。さらに溶融炉へ装入される乾灰の約 80% がスラグとして、また 5% 弱が金属として固定され、13% の水分あるいは未燃分がガスとして排出される。また乾灰の 4% 弱が飛灰あるいは煙道への付着物として捕集される。

前述のように、灰は磁選機により鉄分を除去し、乾灰中には 0.5% の金属鉄しか含まないにもかかわらず、若干 Cu を含んだ 5% 程度の鉄分を排出する。これは、乾灰中の酸化鉄が溶融炉内で還元されたものである。鉄の排出が避けられなければ、磁選機で除去した鉄分の処理を考えれば、鉄を積極的に溶融しリサイクルを図ることも重要である。

3.2.4 高負荷運転時の熱収支

系の熱収支は炉への負荷により変化する。Fig. 5 は灰供給量 1040 kg/h 時の熱収支を示す。熱収支は溶融炉と乾燥機を合わせてとっており、入熱は電力 72%、コークス燃焼熱 14%、乾燥機の LPG 14% である。これに対し、出熱は灰溶融 33%、灰乾燥 19%、以下炉体冷却 19%、トーチ冷却 13% の順となっている。灰の乾燥と溶融を合わせると 52% となり、また、溶融炉単独での灰の溶融効率は 38.4% となり、同じ規模のプラズマ溶融効率 38%⁵⁾ と同等である。しかしながら、炉体冷却、トーチ冷却等の損失は大きく、

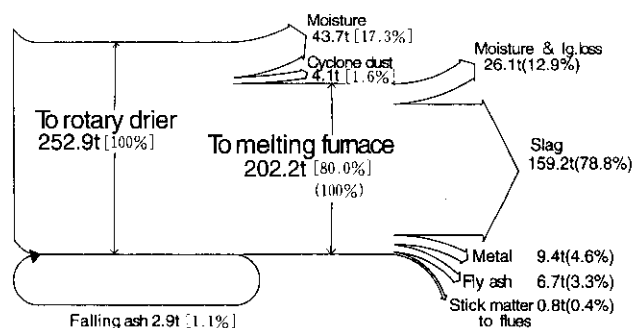


Fig. 4 Material balance

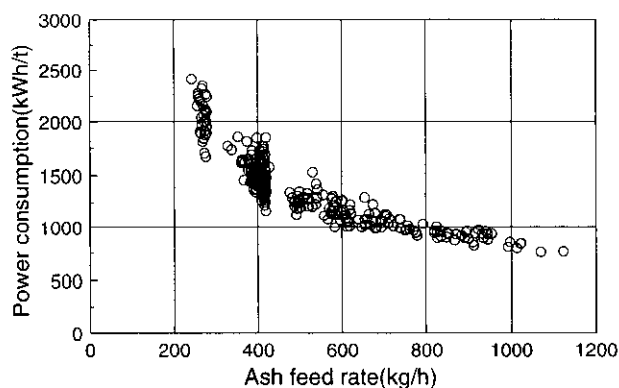


Fig. 6 Variation of power consumption with ash feed rate

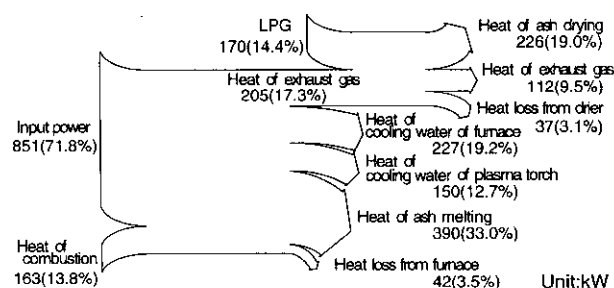


Fig. 5 Energy balance

今後これらの低減を図っていかなければならない。

3.2.5 灰供給速度による電力原単位の変化

Fig. 6 は灰供給量に対する電力原単位の変化を示す。電力原単位

は灰供給量の増加にしたがい減少し、1000 kg/hを超えると850 kWh/t程度になる。したがって、灰の溶融においては常に設備仕様最大付近の高負荷にて操業することが重要である。

3.2.6 極耐火物の寿命と補修

極耐火物はマグクロ煉瓦を用いた。煉瓦は水冷ジャケットの適用により33日間の連続運転中の耐用は可能と予想されたが、14日後にプラズマを止め、排滓口の補修扉を開け点検した。ジャケットの上面および前面の煉瓦残圧は十分あり1箇月の寿命は確認できたが、ジャケットコーナー部の冷却が悪く、この部分の極煉瓦の交換を行った。熱間補修は、煉瓦交換部の温度低下を待って行い、プラズマ再起動まで3時間を要した。

3.2.7 灰および生成物の性状

原料灰の分析値をTable 2に、溶融スラグの分析値と溶出試験結果をTable 3および4に、金属の分析値をTable 5に、溶融飛灰の

Table 2 Chemical compositions of ash

Sample No.	General element (%)										Harmful element (ppm)				
	Si	Ca	Al	Fe	Na	K	Zn	Cl	S		T-Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As
1	16.1	13.3	6.85	7.51	2.63	1.34	0.79	1.27	0.28		0.43	ND	4633	ND	ND
2	13.6	13.6	9.81	7.70	2.17	1.45	0.48	2.46	0.28		0.26	12.8	2025	0.48	1.60

ND : Not detected

Table 3 Chemical compositions of slag

Sample No.	General element (%)										Basicity	Harmful element (ppm)				
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe	Na	K	Zn	Cl	S			T-Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As
1	41.7	21.6	18.8	5.33	2.49	0.81	0.33	0.01	0.13	0.52		ND	ND	200	ND	10
2	41.9	20.2	20.0	4.81	2.73	0.99	0.19	0.24	0.09	0.49		ND	ND	135	ND	ND

ND : Not detected

Table 4 Results of leachate test for slag (mg/l)

No.	pH	T-Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As
1	8.3	ND	ND	ND	ND	ND
2	6.8	ND	ND	ND	ND	ND

ND : Not detected

Table 5 Chemical composition of metal (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Fe
0.21	1.48	0.13	4.08	0.27	0.42	0.61	8.42	0.03	83.7

Table 6 Chemical compositions of bagfilter dust

Sample No.	General element (%)										Harmful element (ppm)				
	Si	Ca	Al	Fe	Na	K	Zn	Cl	S	Cu	T-Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As
1	0.55	1.55	0.29	0.26	12.8	15.3	8.26	36.2	3.66	1.01	0.39	500	48550	ND	278
2	1.14	1.32	0.52	0.71	9.52	14.3	9.23	35.2	3.36	1.24	0.27	475	72700	ND	253

ND : Not detected

T6-7

Table 7 Results of leachate test for bagfilter dust (mg/l)

No.	pH	T-Hg	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As
1	6.0	0.046	42	13	ND	ND
2	5.0	0.013	34	55	ND	ND

ND : Not detected

分析値と溶出試験結果を Table 6 および 7 にそれぞれ示した。溶出試験は環境庁告知 13 号に基づいて行った。

灰は有害物質を含んでいるがスラグになるとその含有量は著しく減少する。スラグに残留する有害物質は溶出試験によっては全く溶出せず重金属は安定化されている。したがって、スラグは資源としてリサイクルするうえで極めて安全な物と考えられる。

一方、溶融飛灰には有害物質が灰の状態より濃縮されており、溶出試験によって Pb, Cd 等の重金属が溶出する。特別管理一般廃棄物として処理が必要となる。

また、金属の主成分は鉄であるが、Cu, P が高くスクラップとしての再利用には問題がある。クレーンのバランサーやショットブラスト材としてのリサイクルが望ましい。

4 スラグの再利用と溶融飛灰の処理

前章で述べたように溶融スラグは極めて安定した安全な物であり積極的な再利用がのぞまれる。一方、溶融飛灰は重金属が溶出するので安定化処理が必要である。

4.1 試験方法

4.1.1 水砕スラグによる舗道ブロックおよびアスファルト舗装試験

長石、珪石および粘土からなる舗道ブロックの基本配合原料に対し外数でそれぞれ 10, 20, 30 および 50% の水砕スラグを添加し、トンネルキルンを用い $1260 \pm 10^\circ\text{C}$ の焼成条件で $230 \times 114 \times 40(\text{mm})$ のサイズのブロックを焼成した。

それぞれのブロックの機械的性質を調べるとともに、試作品を用いて清掃工場内の見学者歩行ルートの一部を敷設した。なお、施工にあたりブロックと路床材との緩衝材に川砂に換えて水砕スラグを用いた。

アスファルトコンクリートの細骨材の一部を溶融スラグに置き換え、配合試験を行った。Table 8 に試験配合と標準配合の配合比を示す。試験配合は細目砂、篩いかすの一部を水砕スラグに置換した物である。それぞれの配合につき、アスファルト量を 5 点変化させた供試体を製作し、各マーシャル特性値を測定した。

さらに、今回の試験配合のアスファルトコンクリートを用い、川崎製鉄千葉製鉄所内の道路において試験舗装を行った。

Table 8 Mix proportion of aggregates (%)

Material	S-20 ^a	S-13 ^b	S-5 ^c	Sand	Screenings ^d	Slag	Mineral powder
Standard	18	27	10	14	26	—	5
Test	18	27	10	11	18	11	5

^a Crushed aggregate : nominal size 20~13mm^b Crushed aggregate : nominal size 13~5mm^c Crushed aggregate : nominal size 5~2.5mm^d Crushed aggregate : nominal size 2.5~0mm

4.1.2 溶融飛灰の薬剤処理

政令^{a)}で指定された焼却飛灰の処理方法は①溶融固化、②セメント固化、③溶媒による安定化、④薬剤処理であるが、溶融飛灰では②~④が対象になる。ここでは薬剤処理を用いた。

薬剤はキレート剤（商品名：NEW エポルバ 500）を用い、pH 調整剤として水酸化ナトリウムを用いた。

まず、溶融飛灰 100 g を 1 l のビーカーに入れ、これを回転させながら飛灰の表面に薬剤を噴霧し、混合、造粒した後、溶出試験を行った。

また、上記のテーブルテストの結果に基づき、実際の混練機に薬剤供給装置を取り付け約 8 t の溶融飛灰処理を行った。

4.2 試験結果

4.2.1 透水性タイルおよびアスファルトの性状

焼成した舗道ブロックの試験結果を Table 9 に示す。水砕スラグの含有率が増えるにつれ焼成変化率、吸水率がやや減少するが、圧縮強さ、曲げ強さとも標準品と比較しそん色ない。また、添加したスラグが焼成時に、基材と反応し、美的感覚からも面白い物ができる。

Table 9 Properties of firing test pieces

Test piece	CP-00	CP-10	CP-20	CP-30	CP-50
Slag mixing ratio ^a	0/100	10/110	20/120	30/130	50/150
Firing linear change (%)	-2.30	-2.18	-1.65	-1.78	-1.12
Water absorption (%)	5.5	3.7	4.2	4.0	3.6
Compressive strength (MN/m ²)	55	57	61	66	53
Transverse strength (MN/m ²)	8	9	7	8	7

^a (slag) / (slag + base)

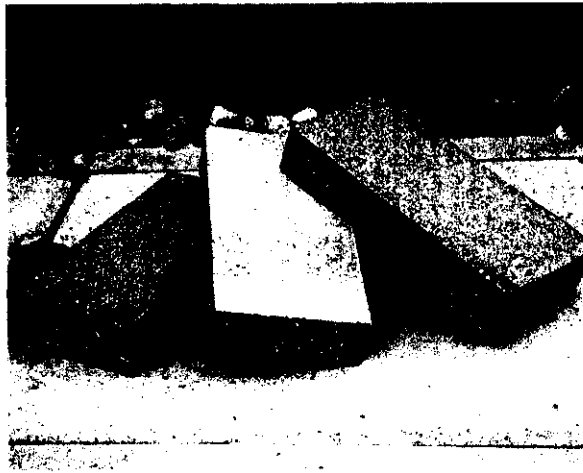


Photo 2 Water permeable tiles containing slag



Photo 3 Pavement constructed by water permeable tiles

焼成した舗道ブロックの外観を **Photo 2** に同ブロックを用いて施工した清掃工場内の見学者舗道を **Photo 3** に示した。

次にアスファルトコンクリートの場合について述べる。試験配合と標準配合それぞれの供試体についてのマーシャル試験結果を **Fig. 7** に示す。水砕スラグを含有する試験配合は、標準配合に比較し密度が高く空隙率が減少するため、最適アスファルト量が減少する。試験配合は全体的に安定度が低くなるが、基準値に対して十分余裕がある。試験配合はマーシャル特性値のそれぞれの基準値を満足していて、室内配合試験における問題点はない。マーシャル試験の結果から最適アスファルト量を求めると、標準配合の 5.3% に対して 4.9% となる。

この試験配合により舗装した千葉製鉄所内の試験舗装道路を **Photo 4** に示した。



Photo 4 Road paved by asphalt concrete containing slag

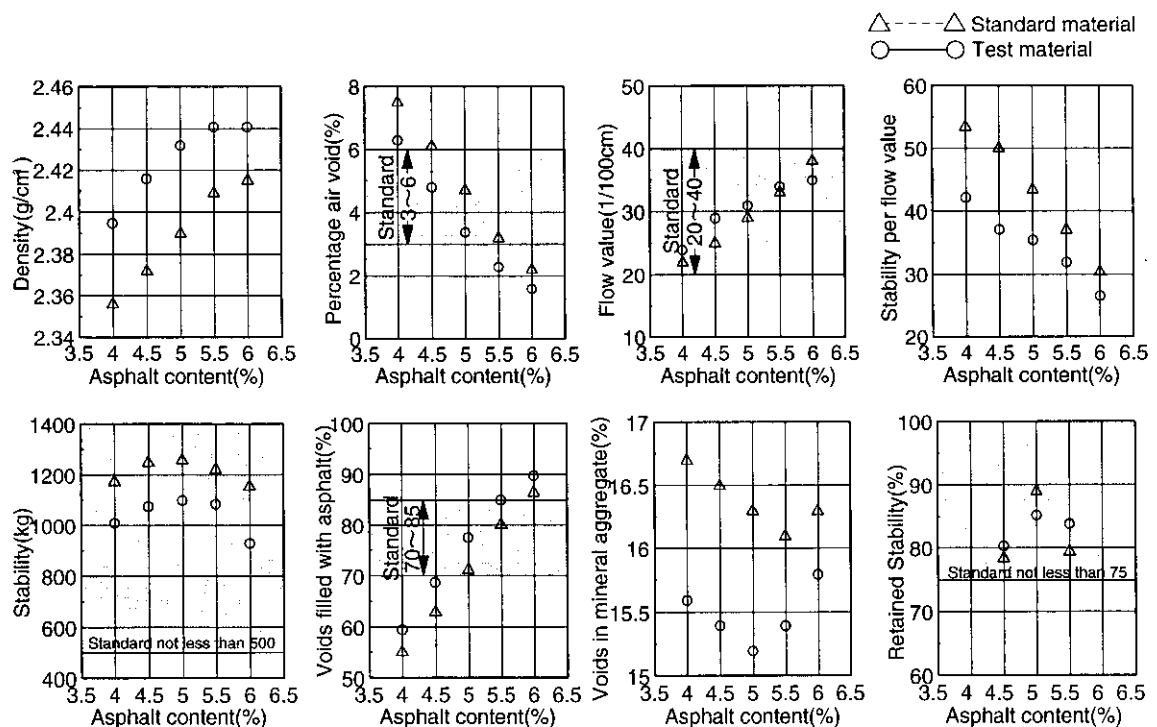


Fig. 7 Results of Marshall tests

4.2.2 薬剤処理した溶融飛灰の特性

pH 調整剤により pH のレベルを変えた場合のキレート剤添加量に対する Pb と Cd の溶出イオン濃度の変化を Fig. 8 および 9 にそれぞれ示す。T-Hg, T-Cr, As の溶出は薬剤処理を行わなくとも基準値以下であった。

Pb と Cd は、キレート剤はアルカリ性にもかかわらず、キレート剤単独処理では溶融飛灰の pH はなかなか増加しない。それは溶融飛灰に多量の Cl を含むためである。Fig. 8 および 9 から、Pb と Cd の溶出濃度を判定基準以下にするためには、溶融飛灰 100% に対し、NaOH 30% 溶液を重量で 15% (NaOH 4.5%) とキレート剤 2% を添加すればよい。しかし、溶融飛灰は成分にばらつきがあり、かつ均一な混練も難しいため、溶融飛灰の実機処理では溶融飛灰 100% に対し NaOH 12%, キレート剤 3% を添加して処理した。

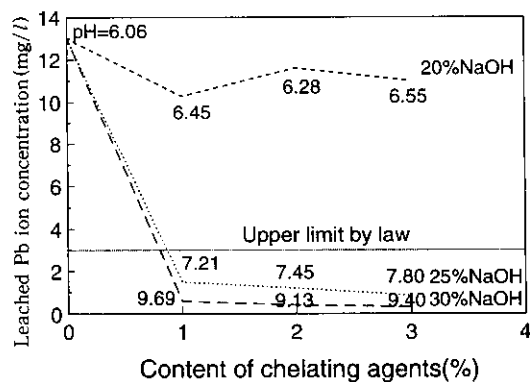


Fig. 8 Variation of leached Pb ion concentration with content of chelating agents

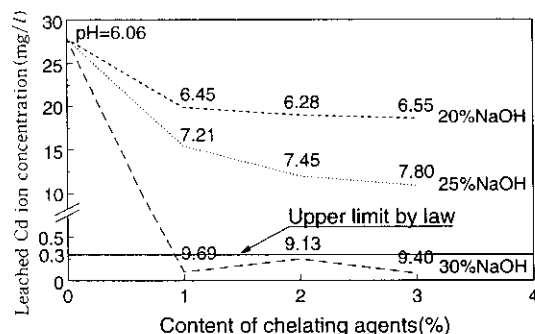


Fig. 9 Variation of leached Cd ion concentration with content of chelating agents

Table 10 Results of leachate test for fly ash treated by chelating agents (mg/l)

Sample No.	Pb	Cd	T-Hg	As	pH
1	0.31	0.205	≤0.0005	0.002	9.4
2	0.59	0.164	≤0.0005	0.004	8.6
3	0.36	0.021	≤0.0005	0.006	10.1
Upper limit by law	≤3	≤0.3	≤0.0005	≤1.5	

実機処理した飛灰から無作為に採取したサンプル 3 本の溶出試験を Table 10 に示した。いずれのサンプルも判定基準値以下であった。

5 結 論

都市ごみ焼却灰をプラズマにより溶融し、スラグとすることによる再資源化の技術を実証設備を用いて開発してきた。その間 33 日に及ぶ連続操業を行い本システムの経済性、操作性、耐久性等について調査した。

得られた結果は以下のとおりである。

- (1) プラズマ溶融炉の排ガス顕熱を用いて湿灰を乾燥し所要の含水率の乾灰を得ることができた。
- (2) プラズマトーチの電極寿命を 2 000~3 000 時間まで延長することができ、設備の実用性を確認した。
- (3) 本システムの物質収支、熱収支を明らかにするとともに、本システムにおいて 850 kWh/灰 t 以下の電力原単位を確保できることが判明した。
- (4) 排滓樋の煉瓦寿命は 30 日程度確保できることが分かった。
- (5) 溶融したスラグは重金属の溶出に対して極めて安定しており再資源化が可能であることが分かった。このスラグを添加した舗道ブロックを試作し清掃工場内の見学者舗道を敷設した。また、アスファルト舗装の細骨材として用い、川崎製鉄千葉製鉄所内で試験舗装を行った。
- (6) 溶融飛灰からは Pb, Cd 等が溶出するがこれを薬剤処理することによって重金属の溶出を基準値以下に抑制することができた。

以上の結果から、都市ごみ焼却灰プラズマ溶融設備として十分に実用性のあることを確認できた。

今後は、さらに排滓樋等の耐火物の寿命延長、溶融熱効率のより一層の向上、スラグ・メタルの高付加価値再利用用途の開発を進めていく予定である。

参 考 文 献

- 1) 林 昭彦, 木下勝雄, 赤秀公造, 山崎健利, 下山統康: 川崎製鉄技報, 25(1993)3, 17-21
- 2) 木下勝雄: 溶接学会誌, 62(1993)7, 545-549
- 3) K. Kinoshita, A. Hayashi, K. Akahide and T. Yamazaki: Pure & Appl. Chem., 66(1994)6, 1295-1300
- 4) 林 昭彦, 木下勝雄, 赤秀公造, 山崎健利: 「熱プラズマ研究会報告書」, (1993), [日本鉄鋼協会]
- 5) 神保 元, 雨宮俊郎, 川瀬利博, 菊地 猛, 岡部由知: 「廃棄物学会第 5 回研究発表会講演論文集」, (1994), 346-348
- 6) 厚生省告示 194 号, 平成 4 年 7 月 3 日