

都市ごみ直接溶融炉における可燃ダスト吹込み技術

芝池 秀治*・田中 宏和*・内藤 誠章*²・西田 義信*³・碓井 建夫*⁴

Injection Technology of Combustible Dust in Direct Melting Furnace for Municipal Solid Waste

Hideharu SHIBAIKE, Hirokazu TANAKA, Masaaki NAITO, Yoshinobu NISHIDA and Tateo USUI

Synopsis : In the field of municipal solid waste disposal, the direct melting process of the coke-bed type shaft furnace is effective in prolonging the useful life of the final disposal sites and reducing harmful matter such as dioxins. However, recently, it has become necessary to reduce coke consumption for the direct melting process in order to prevent global warming and reduce maintenance costs. Accordingly, the authors have developed technology for injecting various combustibles through the tuyeres of the direct melting furnace. In particular, combustible dust in the pyrolysis gas discharged from the furnace top was focused to reduce coke consumption. In this study, some experiments on combustible dust injection through the tuyeres were carried out by using an experimental plant and a commercial facility.

The main results obtained are as follows:

(1) Combustible dust injected through the lower tuyeres is consumed by combustion and melting in the furnace. This technology is effective in reducing coke consumption and fly ash.

(2) Combustible dust injection through the tuyeres maintains low Pb concentration in the slag even under the condition of low coke ratio.

Moreover, combustibility in the combustion chamber is improved, and the generation of dioxins is suppressed.

Key words: waste; gasification; melting furnace; injection; coke bed; heavy metal; slag; dioxins.

1. 緒言

現在、日本の一般廃棄物である都市ごみは約80%が焼却処理されているが¹⁾、焼却の際に発生するダイオキシン類などの環境汚染や最終処分場の逼迫などの問題を抱えている。このような課題を解決するプロセスとして、シャフト炉式、キルン式、流動床式などのガス化溶融方式²⁾が注目を浴びている。この方式は、従来の焼却方式とは異なり、ごみを熱分解・ガス化してから燃焼させるため燃焼制御性に優れ、ダイオキシン類等排ガス中の有害物質を抑制できることと、焼却灰の代わりに再利用可能なスラグとメタルを産出するため最終処分量が大幅に低減できることを特徴としている。

本報の都市ごみ直接溶融炉（直接溶融・資源化システム）はシャフト炉式の高温ガス化溶融方式であり、特に、炉下部において高温のコークスベッド層（コークス充填層）を形成し、安定溶融と還元雰囲気確保するとともに、ごみの熱分解・ガス化を促進している。このことにより高品質で有効利用可能なスラグとメタルを産出し、さらに後段の燃焼室での完全燃焼を実現している³⁾。

このようなコークスの利点を維持しつつ、地球温暖化防

止やランニングコスト削減のためにコークスを低減する研究をこれまで多段送風技術を中心に実施してきた⁴⁻⁶⁾。これは従来の単段送風と比較して炉内ごみ残渣中炭素の燃焼を促進し、ごみの乾燥や熱分解・ガス化のための熱源としてのコークス機能を代替することを狙ったもので、コークス使用量（コークス比：ごみトンあたりのコークス質量）は50~60 kg/t-wに低減できた。しかしながら、さらなるコークス比低減を図るためには、コークスの持つ溶融熱源と還元機能が代替できる新たな炭素源（可燃物）が必要と考え、下段羽口からの可燃物吹込み技術の開発に取り組んできた。

著者らは、まず、コークス充填層における可燃物羽口吹込みの高温燃焼実験を行い、プラスチックや可燃ダスト、燃料用ガスといった可燃物のガス化・燃焼挙動を調査した。その結果、羽口から吹き込まれる可燃物は、レースウェイ空間のない直接溶融炉の条件下でも、コークスに対して優先的にガス化・燃焼することが認められ、コークス代替の可能性があることがわかった⁷⁾。特に、溶融炉本体より発生する可燃ダストについては、外部から可燃物を購入する必要がなく自己完結型プロセスを構築することができ、また、可燃ダスト中灰分の安定溶融により最終処分と

平成16年11月5日受付 平成17年1月21日受理 (Received on Nov. 5, 2004; Accepted on Jan. 21, 2005)

* 新日本製鐵（株）プラント・環境事業部 (Steel Plant & Environmental Engineering Division, Nippon Steel Corp., 46-59 Nakabaru Tobata-ku Kitakyusyu 804-8505)

*2 新日本製鐵（株）環境・プロセス研究開発センター (Environment & Process Technology Center, Nippon Steel Corp., 20-1 Shintomi Futtsu 293-8511)

*3 茨木市環境衛生センター (Environment & Hygiene Center, Ibaraki City, 14-1 Higashinonomiyacho Ibaraki 567-0838)

*4 大阪大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Osaka University, 2-1 Yamadaoka Suita 565-0871)

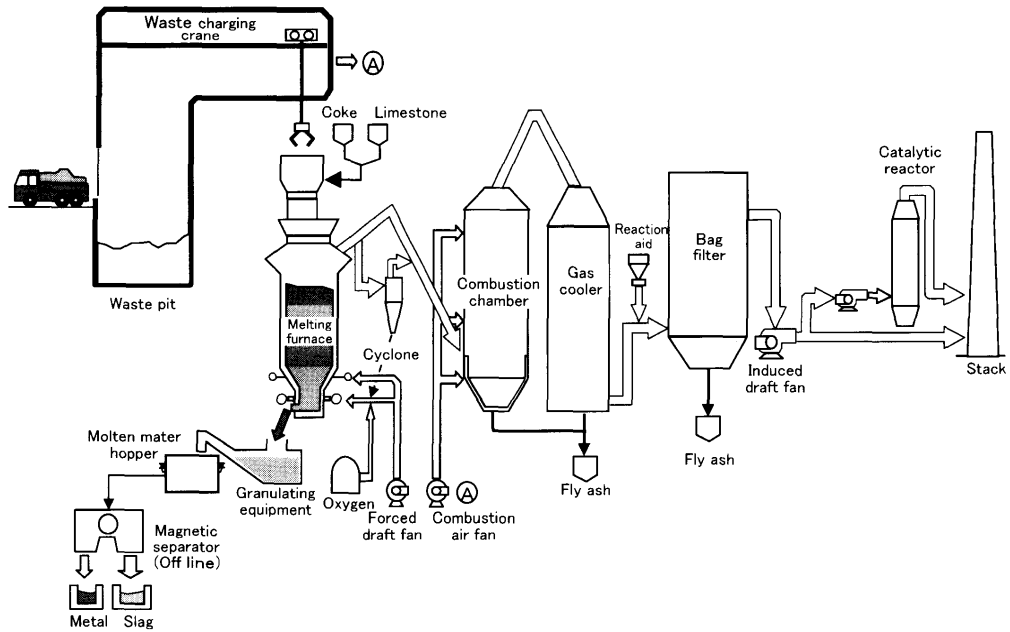


Fig. 1. Flow diagram of direct melting experimental plant.

なる集じん灰の発生量低減や燃焼室燃焼性向上も期待できることから、この可燃ダストを羽口から吹き込む技術開発に取り組んだ。

本研究では、まず、20 t/d 都市ごみ直接溶融試験プラントを用いて可燃ダスト羽口吹き込みの基礎試験を行い、都市ごみガス化溶融処理条件のもとで、コークス比低減やスラグ品質改善等の効果を検討した。そして、150 t/d 都市ごみ処理実用施設による実機試験を行い、可燃ダスト羽口吹き込み技術の適用性について検討した。

2. 直接溶融試験プラントの概要および試験方法

本試験プラントの設備フローを Fig. 1 に示す。都市ごみ処理能力は 20 t/d 規模で、直接溶融炉、燃焼室、ガス処理設備および溶融物再資源化設備から構成されている。

直接溶融炉の概略図を Fig. 2 に示す。溶融炉本体は型立シャフト炉（シャフト径 1.2 m、シャフト高さ 4.2 m）で、溶融炉の下部には下段羽口と上段羽口を備えた多段送風方式である。下段羽口から常温の酸素富化した空気を吹き込み、主にコークスを燃焼させ炉下部に高温のコークス充填層を形成させる。また、上段羽口からは常温の空気を吹き込み、ごみ中の炭素の燃焼を促進させる。コークスと石灰石とともに溶融炉上部中央より装入されるごみは、炉内で連続的に昇温される過程で、乾燥・熱分解ガス化を経て燃焼・溶融処理される。溶融物（スラグとメタル）は炉底に一定時間貯留された後、出湯口より排出され水槽に投入・急冷することで粒状のスラグとメタルになり、磁選機で分離される。

一方、炉上部より排出される熱分解ガスは燃焼室で完全

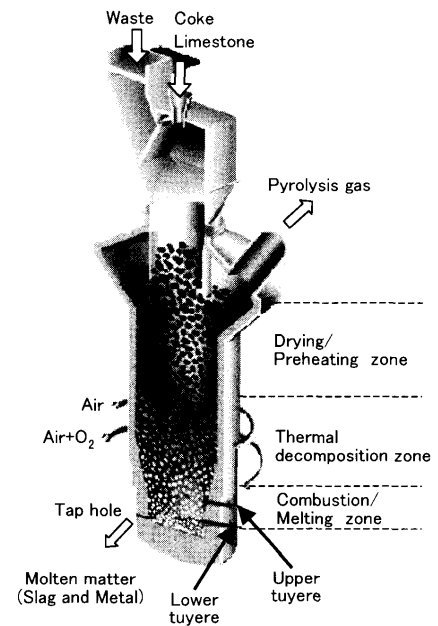


Fig. 2. Schematic diagram of direct melting furnace.

に燃焼し、約 900°C の燃焼排ガスはガス冷却塔で 160°C 程度まで冷却しバグフィルター（消石灰等反応助剤吹き込み付き）で除塵され、一部は触媒反応塔を通過し最終的に煙突から放散される。この熱分解ガスには少量の可燃ダストが含まれるが、今回、コークスの代替機能を果たす炭素源としてこの可燃ダストに着目した。

Fig. 3 に可燃ダスト羽口吹き込みシステムを示す。溶融炉と燃焼室の間に設置した除じん器（サイクロン）により熱分解ガス中の可燃ダストを捕集し、これを冷却・篩い処理後、切出しホッパーに供給する。可燃ダストの羽口への供

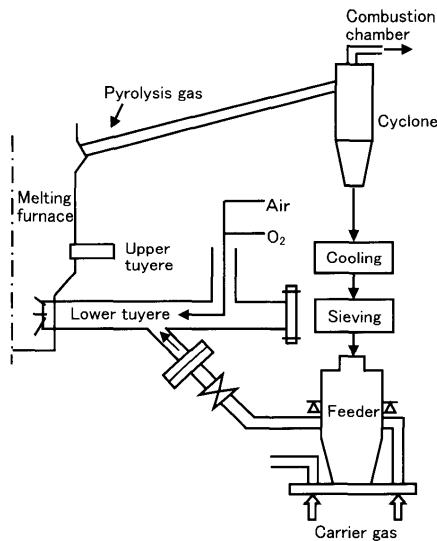


Fig. 3. Flow diagram of combustible dust injection system.

Table 1. Properties of combustible dust.

		Combustible dust
Chemical composition ¹⁾ (mass%)	C	35.8
	H	1.0
	O	7.8
	Cl	5.2
Ash ²⁾	(mass%)	55.4
Lower calorific value	(MJ/kg)	12.34
Mean size	(mm)	0.075

1) Ultimate analysis 2) Proximate analysis

給装置は、テーブルフィーダー切り出しによる気流搬送方式であり、搬送流体は空気である。可燃ダストは下段羽口部で、送風用空気・酸素と合流後、炉内へ吹き込まれる。

本試験においてサイクロンで捕集された可燃ダストの性状例を Table 1 に示すが、炭素 35.8 mass%、灰分 55.4 mass%、低位発熱量 12.3 MJ/kg、平均粒径 75 μm である。また、コークスは平均粒径 50~60 mm の高炉用コークス（炭素 85.5 mass%、灰分 10.1 mass%）を用いている。さらに、本試験に使用した平均的な都市ごみの性状は Table 2 に示すように、水分 43 mass%、低位発熱量 8.7 MJ/kg である。尚、本試験プラントでは、ごみ・コークス・石灰石の装入量、送風空気・酸素流量、各種発生量および熱分解ガス組成 (CO, CO₂, O₂, H₂, CH₄) などを連続計測しており、これらのデータから溶融炉での物質収支を求め、都市ごみ性状を推定した⁸⁾。また、溶融処理状況を評価する上で、特に重要な溶融物温度は、出湯口から溶融物を排出する毎に、消耗型浸漬熱電対を溶融物の中に差し込み、温度測定した。

試験方法としては、燃焼室と溶融炉を昇温後、都市ごみの装入を開始し、約 20 t/d の安定ごみ処理状況を確認後、コークス使用量を徐々に低下させる。従来の吹込みをしな

Table 2. Properties of municipal solid waste (MSW).

		MSW
Moisture	(mass%)	42.6
Combustible	(mass%)	45.5
Ash	(mass%)	11.9
Lower calorific value	(MJ/kg)	8.74

い多段送風条件では、コークス比は 40~60 kg/t-w で安定処理しているのに対して、可燃ダストを羽口から吹き込みコークス比をさらに低減する試験を行った。尚、送風条件は、吹込みなし時と同様で、下段羽口から供給する酸素富化した空気中の酸素量はコークスや可燃ダストの燃焼に必要な酸素量以上を確保しており、酸素濃度 36%、羽口風速 70 m/s 程度である。

3. 試験結果

可燃ダスト羽口吹込み時の操業時間推移の一例を Fig. 4 に示す。可燃ダストを羽口から吹き込み、その後コークス比を 40 から 30 kg/t-w に低下させたが、ごみ処理量は 800~1000 kg/h で安定推移し、可燃ダストのサイクロンでの捕集量と吹込み量もほぼバランスがとれている。熱分解ガス組成の CO や H₂ には特に大きな変化がないが、羽口吹込みにより溶融物発生量は増加している。溶融物温度は低下傾向であるが、スラグ中の Pb 濃度は低位に維持されている。

従来の吹込みなし操業（1日間）と可燃ダスト吹込み操業（3日間）の試験結果例を Table 3 に示す。可燃ダストの吹込み比（ごみトンあたりのダスト吹込み質量）は約 40 kg/t-w で羽口より安定的に吹き込むことができ、コークス比を 30 kg/t-w レベルとしたが、ごみ処理量は 20 t/d 程度を安定維持している。吹込みにより、溶融物比（ごみトンあたりの溶融物発生質量）は増加し、相対的に燃焼室・ガス冷却塔・バグフィルターで捕集された飛灰比（ごみトンあたりの飛灰発生質量）は減少しており、このことから可燃ダストの大半は燃焼・溶融していることがわかる。吹込み操業時の溶融物温度は 1500°C 程度に低下しているが、溶融物排出状況は良好であった。また、吹込みにより、煙突での排ガス中 CO は低下しており、燃焼室での燃焼性向上が示唆される。

4. 考察

4.1 可燃ダストの炉内消費状況

溶融炉下段羽口から吹き込む可燃物がコークスの持つ溶融と還元機能を効率よく代替するためには、コークスと同等以上の燃焼性を持ち溶融炉炉内で優先的に消費される必要がある。

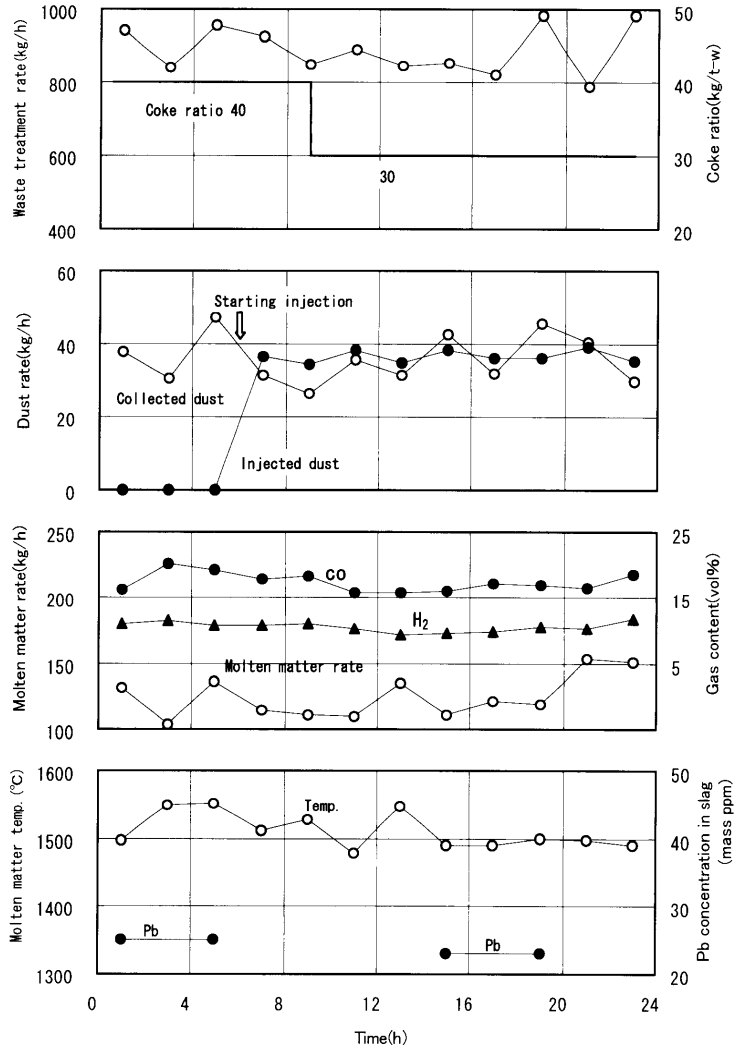


Fig. 4. Transition of operation data.

Table 3. Operating results of dust injection.

	Conventional operation	Dust injection operation
Coke ratio (kg/t-w)	40	30
Injection ratio of dust (kg/t-w)	0	42
Lime stone ratio (kg/t-w)	50	50
Waste treatment rate (t/d)	21.2	21.9
Molten matter ratio (kg/t-w)	123	155
Molten matter temperature (°C)	1546	1500
CO in exhaust gas (ppm)	18	2
Fly ash ratio (kg/t-w)	37	12

溶融炉上部より排出される熱分解ガス中の可燃ダストは、サイクロンで約70%捕集されているが、この可燃ダストの捕集量と羽口からの吹込み量は、Fig. 4の推移図で示したように、ほぼバランスしている。可燃ダストには60mass%程度灰分があるため、羽口吹込みにより溶融物や飛灰の発生量の変化が予想される。Fig. 5に示すように、同一の都市ごみ灰分レベルで比較すると、羽口吹込みにより溶融物比は約20kg/t-w増加し、燃焼室・ガス冷却塔・バ

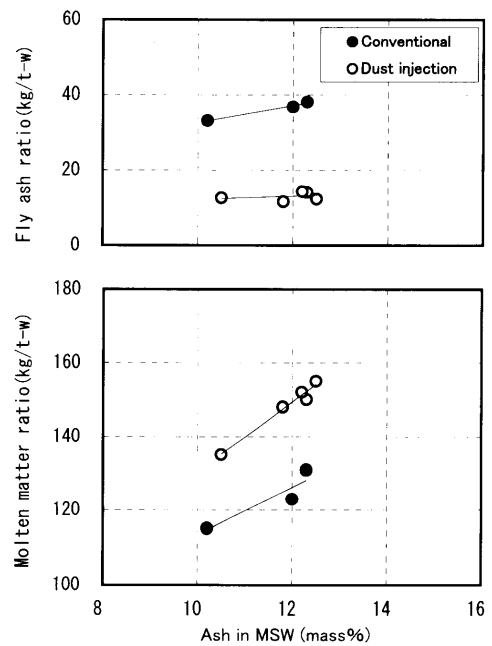


Fig. 5. Influence of dust injection on molten matter and fly ash ratio.

グフィルターで捕集された飛灰比は、約20 kg/t-w減少している。これらの量は、ほぼ吹き込んだダストの灰分量と一致している。これらのことから、吹き込んだ可燃ダストは、炉外に再飛散することなく炉内で燃焼・溶融して消費され、そして、可燃ダスト吹込みにより最終処分される飛灰の発生量を低減できることがわかる。

4.2 コークス比削減効果

コークス比と溶融物温度の関係を Fig. 6 に示す。従来の多段送風条件下で羽口吹込みを行わない場合、コークス比の低減により溶融炉炉底から排出される溶融物の温度が低下し、1450°Cを下回ると溶融物の排出状況が悪化する傾向が見られる。これは、コークス比低減に伴いコークス充填層高さが減少し、コークス充填層内での溶融物の伝熱昇温が減少するためである。安定した溶融操作を確保するためには溶融物温度は1450°C以上が望ましい。

一方、可燃ダスト羽口吹込みについては、その吹込み量がサイクロンで捕集される量の場合とさらに増量する場合で試験を行った。サイクロンでの捕集量とバランスする可燃ダスト吹込み比40~55 kg/t-wの場合、コークス比を30 kg/t-wに低減させたが、Fig. 6 に示すように、溶融物温度は1500°C程度確保できた。さらに、吹込み比を75~90 kg/t-wに増加した場合、コークス比を20 kg/t-wまで低減させたが、溶融物温度は従来と異なり1450°C以上維持できた。これらのことから羽口から吹き込んだ可燃ダストは、コークスの持つ溶融熱源機能を代替していることがわかる。このようにコークス比が20~30 kg/t-w相当のコークス充填層高さの条件でも、羽口吹込みにより溶融物温度が上昇するのは、高温燃焼実験⁷⁾で示したように、吹き込んだ可燃ダストがコークスより燃焼性がよく、下段羽口から供給する酸素の炉内消失位置が羽口により近くなり高温燃焼領域が拡大するためと考えられる。

次に、可燃ダスト羽口吹込みによるコークス比削減効果を定量的に評価するために、Fig. 6 に示した試験データに基づいて、コークスと可燃ダストそれぞれの炭素比の溶融物温度に及ぼす影響について重相関分析を行った。その結果を(1)式に示す。

$$T_{mm} = 7.13 C_c + 2.45 D_c + 1280 \quad (\text{重相関係数} = 0.967) \quad (1)$$

ただし、 T_{mm} ：溶融物温度(°C)、 C_c ：コークス中炭素比(kg/t-w)、 D_c ：吹込み可燃ダスト中炭素比(kg/t-w)。

(1)式からわかるように、同じ炭素比10 kg/t-wでもコークスと可燃ダストとでは溶融物温度に対する効果が異なり、溶融物温度で評価される可燃ダスト中炭素のコークス中炭素に対する置換率は0.34となる。すなわち、本試験データ範囲内では、コークス比を30 kg/t-w(炭素比25.7 kg/t-w)としても、平均吹込み可燃ダスト中炭素比が16.7 kg/t-wとなるように可燃ダストを吹き込むことで、

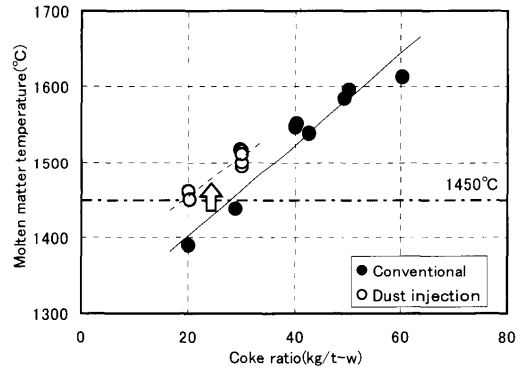


Fig. 6. Effect of coke ratio on molten matter temperature.

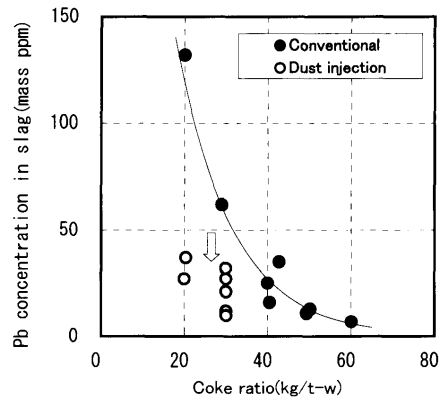


Fig. 7. Effect of coke ratio on Pb concentration in slag.

コークス比36.7 kg/t-w(炭素比31.4 kg/t-w)で操作した時と同一の溶融物温度を得ることができる。コークス充填層だけでの高温燃焼実験⁷⁾では可燃ダストのコークス燃焼に対する置換率は0.95であったが、都市ごみ溶融処理条件においては、可燃ダスト中灰分の溶融の影響も受け置換率は4割程度に低下したと考えられる。

4.3 スラグ品質改善効果

一般廃棄物処理分野において、溶融処理で産出されたスラグを土木・建設用資材やアスファルト舗装用骨材などに有効利用するためには、スラグの環境安全管理が重要である⁹⁾。すなわち、スラグ中の重金属のPb濃度や溶出などの品質基準を満足する必要がある。

コークス比とスラグ中Pb濃度の関係を Fig. 7 に示す。羽口吹込みを行わない場合、コークス比を低減していくとスラグ中Pb濃度が上昇する傾向が見られる。これは、低沸点重金属の挙動に関する灰溶融処理試験や熱力学的解析¹⁰⁾から、コークス比低減に伴う溶融炉下部における温度低下によって還元性雰囲気の影響が弱くなり、Pbの揮発が抑制されスラグへの移行が促進されたためである。

一方、可燃ダスト羽口吹込み時では、コークス比20~30 kg/t-wでもスラグ中Pb濃度は低位に維持されている。これは、Fig. 6 に示すように羽口吹込みにより低コークス操作においても溶融物温度が1450°C以上に維持され、

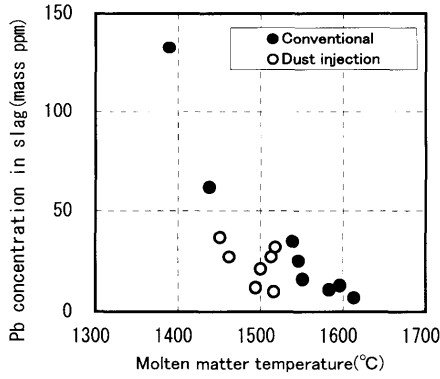


Fig. 8. Influence of molten matter temperature on Pb concentration in slag.

溶融炉下部の雰囲気温度が従来より上昇し高温還元雰囲気が確保されたためである。また、Fig. 8に示すように同一溶融物温度で比較すると、羽口吹込み時では従来の吹込みを行わない場合よりスラグ中Pb濃度がやや低めとなる傾向が見られる。これは、吹き込んだ可燃ダストがコークスより燃焼性がよく、酸素分圧がさらに低下し還元雰囲気が強くなるためと推定される。これらのことから、可燃ダスト吹込みにはコークスが持つ還元機能の代替効果が十分あると考えられる。

次に、溶融炉から排出される低沸点重金属のPbの分配挙動を調査した。スラグ、メタル、飛灰各々のPb濃度および発生量から算出したPbの合計量は、ごみトンあたり吹込みなし時は0.189kg、吹込み時は0.160kgである。それぞれのスラグ、メタル、飛灰へのPbの分配率をTable 4に示すが、いずれのケースも飛灰への分配率は95mass%以上と非常に高く、他方、スラグ中に分配されるPbは数mass%と極めて少ないことがわかる。

4.4 排ガス性状改善効果

溶融炉上部から排出される熱分解ガスに含まれる可燃ダストは、従来、全量ガスとともに燃焼室で燃焼していたが、今回、この可燃ダストをサイクロンで捕集し下段羽口から炉内へ吹き込み、燃焼室での固体燃焼負荷が低減された。Fig. 9に煙突排ガスCO濃度と燃焼室出口排ガス中ダイオキシン類濃度の関係を示す。排ガスCO濃度が低いとダイオキシン類濃度も低下する傾向が見られる¹¹⁾。吹込みなし時ではCO濃度が10~30ppmの範囲であったのが、可燃ダスト吹込み時ではCO濃度が3~12ppmの範囲に低下し燃焼室での燃焼性が改善されていること、およびダイオキシン類濃度も低下していることがわかる。

可燃ダスト吹込みによる排ガス中ダイオキシン類濃度低減効果をFig.10に示す。ここでは燃焼室出口(CC)、ガス冷却塔出口(GC)、触媒反応塔出口(CR)の3箇所での同時測定結果を吹込みなしと比較して示す(各々試験回数n=3)。可燃ダスト吹込み時は、3箇所とも吹込みなしに比べて排ガス中ダイオキシン類濃度は低下し、触媒反応塔出口での

Table 4. Distribution rate of Pb.

	Conventional	Dust injection
Slag (mass%)	0.5	1.7
Metal (mass%)	2.5	2.9
Fry ash (mass%)	97.0	95.4

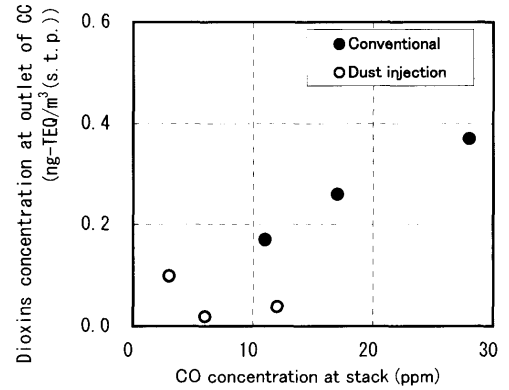


Fig. 9. Influence of dust injection on combustibility in combustion chamber (CC).

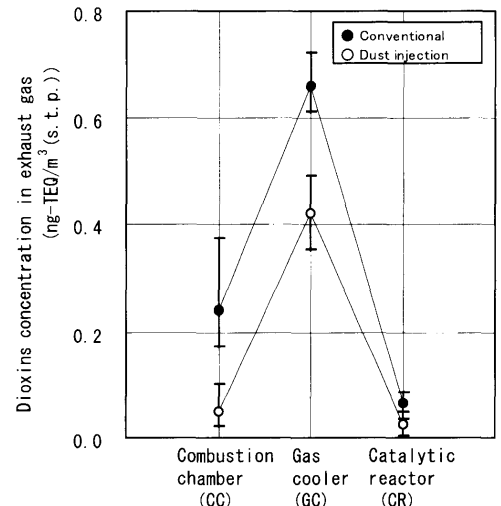


Fig. 10. Dioxins concentration in exhaust gas.

平均値は、0.025 ng-TEQ/m³ (s.t.p.)であった。このように可燃ダスト吹込みにより、燃焼室での燃焼性が向上し、燃焼室出口でのダイオキシン類濃度が低下しその発生量が抑制され、その結果、触媒反応塔出口濃度はさらなる低減が可能となった。

4.5 150 t/d 実用施設での性能評価

以上のように、20t/d直接溶融試験プラントで可燃ダスト羽口吹込みによるコークス比削減等の効果を明らかにしたので、次に実機での性能評価を行うために150t/d実用施設による実証試験を実施した。

実機試験に用いた施設は、Table 5に示すように大阪府茨木市環境衛生センター第2工場(1996年4月稼動開始、150t/d×2炉)のうちの1炉であり、試験プラントとは異なりボイラ等のエネルギー回収設備を備えている。この施設

Table 5. Outline of No. 2 waste treatment plant in Ibaraki City.

Item	Specification
Start-up operation	April 1996
Capacity	300 t/d (150t/d × 2melting furnaces)
Treated waste	Combustible and incombustible wastes except recycling waste
Heat utilization equipments	Waste heat boiler, turbine and generator (5000kW)
Exhaust gas treatment equipments	Bag filter, dry slaked lime injection and catalyst reactor

Table 6. Operating results of dust injection.

		Dust injection operation		
		Conventional operation	Dust injection operation	
Coke ratio	(kg/t-w)	65	45	31
Injection ratio of dust	(kg/t-w)	0	80	90
Lime stone ratio	(kg/t-w)	71	50	61
Waste treatment rate	(t/d)	157	155	162
Molten matter ratio	(kg/t-w)	138	166	190
Molten matter temperature	(°C)	1486	1470	1451
Fly ash ratio	(kg/t-w)	52	24	27
Dioxin concentration at stack	(ng-TEQ/m ³ (s.t.p.))	0.050	0.026	0.009
Lower calorific value of MSW	(MJ/kg)	8.90	8.89	9.25

でも、溶融炉と燃焼室の間にサイクロンがあり、ここで捕集された可燃ダストは従来は燃焼室へ定量供給し完全燃焼していた。今回、この可燃ダストを羽口に吹き込める試験設備を2000年6月に設置し、約1年間茨木市と共同研究を実施した。この施設では、資源ごみを除く可燃・不燃・粗大系の都市ごみを処理しているが、最大で約1ヶ月間連続の羽口吹込みを行いつつコークス比を低減する試験を行った。

試験データを Table 6 に示す。各々のデータは10日間の平均値で都市ごみの低位発熱量は約9MJ/kg程度である。従来の吹込みなしの多段送風条件では、コークス比は65 kg/t-wで、バグフィルターで捕集される飛灰比は52 kg/t-wであり、煙突での排ガス中ダイオキシン類濃度は0.1 ng-TEQ/m³(s.t.p.)以下である。これに対して、サイクロンでの捕集量と定期的にバランスする量の可燃ダストを下段羽口から吹き込み、コークス比を45 kg/t-wと31 kg/t-wに低減した。この時のダスト吹込み比はそれぞれ80 kg/t-wと90 kg/t-wでバランスしており、溶融物温度は1450°C以上を維持し、溶融物排出状況は良好で、ごみ処理量も定格の150t/dを安定確保できた。また、溶融物比は増加傾向で飛灰比も20 kg/t-w台へと半減した。さらに、煙突での排ガス中ダイオキシン類濃度は低下しており、燃焼室での燃焼性向上効果があることがわかる。尚、この実機での可燃ダ

Table 7. Chemical composition of slag.

		Conventional	Dust injection	
Coke ratio (kg/t-w)		65	45	31
SiO ₂	(mass%)	36.1	37.5	37.0
CaO	(mass%)	38.7	35.0	36.3
Al ₂ O ₃	(mass%)	16.8	18.3	16.9
MgO	(mass%)	2.2	2.1	2.1
Pb	(mass ppm)	17	6	32

Table 8. Leaching test of slag.

		Conventional	Dust injection	Standard for recycling
Cd	(mg/L)	<0.001	<0.001	≤0.01
Pb	(mg/L)	<0.005	<0.005	≤0.01
Cr ⁶⁺	(mg/L)	<0.01	<0.01	≤0.05
As	(mg/L)	<0.005	<0.005	≤0.01
Total Hg	(mg/L)	<0.0005	<0.0005	≤0.0005
Se	(mg/L)	<0.002	<0.002	≤0.01

ト吹込みによるコークス比の下限レベル30 kg/t-wは、直接溶融試験プラント結果とは約10 kg/t-w異なるが、これは都市ごみ性状の差などによるものと考えられる。

スラグの組成分析結果及び溶出試験結果を Table 7, 8 に示す。低コークス条件下においてもスラグの主要成分は大きく変わらず塩基度 [(mass%CaO)/(mass%SiO₂)] も1前後で、スラグ中Pb濃度は10~30 mass ppmレベルを維持している。また、重金属類の溶出はすべて一般廃棄物の溶融固化物に係る目標基準（平成3年環境庁告示第46号の溶出試験⁹⁾を満足していた。このことから、低コークス条件下でも可燃ダスト羽口吹込みにより、炉下部での高温還元雰囲気は確保されていることがわかる。

5. 結論

20t/d都市ごみ直接溶融試験プラントおよび150t/d実用施設を用いて、可燃ダスト羽口吹込みの基礎及び実機適用試験を行い、以下の結論を得た。

(1) 都市ごみ処理条件下で、コークス充填層が存在する溶融炉下段羽口から可燃ダストを炉内に吹き込み、この可燃ダストは炉内で燃焼・溶融して消費され、最終処分される飛灰比は従来より半減する。

(2) 可燃ダストの羽口吹込み技術により、コークスの熱源機能代替が可能であり、コークス比は30 kg/t-wレベルまで低減できる。

(3) 低コークス条件下でも可燃ダスト吹込みにより、直接溶融炉の特徴である高温還元雰囲気が確保でき、重金属のPbは95 mass%程度飛灰へ移行しスラグ中Pbの低濃度維持が図れるなどスラグ品質が確保される。

(4) 従来燃焼室で燃焼していた可燃ダストを羽口から吹き込むことにより、燃焼室での燃焼性が向上し、従来以上にダイオキシン類の発生抑制が図れる。

文 献

- 1) S.Higuchi: *Life Environ.*, **48** (2003), 15.
- 2) Y.Nabeshima: *J. Jpn. Waste Manage. Assoc.*, **53** (2000), 17.
- 3) H.Shibaie, M.Osada, K.Takamiya and M.Naito: *ISIJ Int.*, **40** (2000), 252.
- 4) M.Shiraishi, K.Mori, H.Ono and Y.Ishida: Proc. 5th Annual Conf. of Jpn. Soc. Waste Management Experts, Tokyo, (1994), 343.
- 5) K.Kitano, Y.Tawara, Y.Ishida, H.Ono and M.Shiraishi: Proc.7th Annual Conf. of Jpn.Soc. Waste Management Experts, Tokyo, (1996), 416.
- 6) K.Kitano, K.Murahashi, H.Shibaie, Y.Tawara and H.Ono: Proc.8th Annual Conf. of Jpn. Soc. Waste Management Experts, Tokyo, (1997), 723.
- 7) H.Shibaie, K.Takamiya and M.Naito: *Tetsu-to-Hagané*, **89** (2003), 1093.
- 8) Y.Tawara, T.Shiraishi, H.Ono, K.Ishida, Y.Kato, K.Murahashi, H.Harajiri and N.Nishihara: *Nippon Steel Tech. Rep.*, **70** (1996), 31.
- 9) M.Osako and T.Tasaki: *J. Jpn. Waste Manage. Assoc.*, **57** (2004), 351.
- 10) H.Shibaie, M.Osada and Y.Tawara: Proc. of ICSS 2000, ISIJ, Tokyo, (2000), 191.
- 11) H.Kawabata, T.Usui, K.Harukawa, S.Hara, H.Ono-Nakazato and T.Tanaka: *J. Jpn. Soc. Waste Manage. Experts*, **13** (2002), 184.