研究論文

ダイオキシン類発生抑止・高効率熱回収型小規模産業廃棄物燃焼排ガス処理システムの開発

梁 寛植*・金岡千嘉男**・増井 芽***・加藤 進****

要 旨

ダイオキシン類の発生抑止と高効率熱回収を目的とし、処理能力 2 t/day の小規模産業廃棄物熱処理システムを開発した。本システムの特徴は、ダイオキシン類の再合成に触媒作用する金属類を高温集じんし、再合成温度領域でダイオキシン類の再合成を抑止することである。さらに、熱交換器で高効率熱回収を試みた。開発システムの研究にはカーシュレッダーダストを用いた。約 75 kg/h のダストを還元状態で熱分解した後、溶融処理することで、約 90 % のスラグ化率が得られた。また、約 700℃ の排ガスをセラミックハニカムフィルターで高温集じんすることで、熱交換器出口でのダイオキシン類濃度を $1.1\text{ng-TEQ}/\text{m}^3_N$ に抑えることができた。さらに、高温集じんによる飛灰の集じん率は約 98 % であった。特に、触媒重金属類の除去率が高かった。熱交換器による熱回収率は約 70 % であった。以上の結果から本開発システムは小規模産業廃棄物の焼却処理に多く利用されることが期待できる。

キーワード：小規模産業廃棄物焼却処理システム、ダイオキシン類、熱分解-溶融炉、高温集じん、高効率熱回収

1. は じ め に

廃棄物の焼却処理は減量化、無害化などの目的で多く利用されているが、処理過程で発生するダイオキシン類が大きな社会問題になり、その発生抑制対策が求められている。特に、産業廃棄物は一般廃棄物の約 8 倍も排出され、その約 4 割が焼却処分されている。その焼却処理施設数に関する正確な統計はないが、処理能力 200 kg/h 以下と非常に小規模な施設で大半が処理されていると言われている。また、その発生量と成分の変動が激しいことと、炉自体も不完全燃焼になりやすい構造が多く、排ガス処理設備に対しても有害物の発生抑止はともかく、排出抑制対策に不完全なものが多いと言われている¹⁾。このような産業廃棄物の発生特性と焼却炉の構造や排ガス処理上の問題から小規模焼却施設に対する高濃

度ダイオキシン類の排出が懸念されているが、十分な対策が行われていないのが現状である。

一方、ダイオキシン類対策推進基本指針に基づき、ダイオキシン類の排出総量を平成 9 年に比べて 9 割削減する目標で、平成 14 年 12 月以降、処理能力 50 kg/h ~ 200 kg/h の小規模焼却施設に対してもダイオキシン類に係る特定施設及び排出基準により、厳しい規制が行われることになっている。規制強化後には、処理能力の大型化が予想される反面、依然として小規模焼却施設での処理が大半を占めると予測される。そこで、小規模でダイオキシン類の生成を抑制し、新規制値をクリアできる焼却処理システムの開発が緊急の課題である。しかし、開発に伴い、処理コストの上昇は避けられない。このためには焼却処理により最終的に排出される処理生産物が有害物となる、あるいは有害物とならないまでも処理コ

*金沢大学大学院 自然科学研究科 Kwan-Sik YANG

**金沢大学工学部 Chikao KANAOKA

***(株)アクトリ ムラタ Megumi MASUI

****三重県科学技術振興センター保健環境部 Susumu KATO

2001年7月9日受付

2001年11月9日受理

ストが現在以下となるようなシステムにすることが重要である。さらに、処理運転コスト自体も低減できることが望ましいことは言うまでもない。

ダイオキシン類の発生機構は極めて複雑で、未解明の部分が多いが、特に、焼却炉内での生成よりは、排ガス冷却過程で飛灰中重金属類の触媒作用による生成が大きく寄与すると言われている²⁻⁷⁾。その理由から、ダイオキシン類生成を抑制するためには再合成が起りやすい状態、すなわち、排ガス温度250～400℃、未燃有機化合物の存在、触媒作用のある重金属類の存在を避けることが重要と考えられている。このような焼却処理過程での生成機構を考えると、発生を抑止するためには燃焼炉による完全燃焼、再合成温度域より高温でのダスト中触媒重金属類の除去が大きなポイントになると思われる。これに対し、廃棄物焼却における排ガスを高温集じんした事例はいまだ乏しいが、高温ガスの集じんは石炭を利用する高効率発電技術の開発において多く見られる^{8,9)}。この高温集じん法を利用してダイオキシン類の再合成温度領域(250～400℃)より高温で廃棄物燃焼排ガス中の未燃炭素や触媒金属などが含まれている飛灰を除去すれば、ダイオキシン類発生抑止に有効となり、さらに、飛灰が除去されたクリーンな排ガスを高効率で利用できると考えられる¹⁰⁾。

図－1 開発システムの全景と構成フロー

そこで、本研究では高温集じん方法を用いた処理能力2 t/dayの小規模産業廃棄物燃焼排ガス処理システムを開発し、システムの性能を評価するための研究を行った。さらに、その実験結果から高温集じんによるダイオキシン類の生成抑止可能性と高効率熱利用について検討した。

2. システム開発の基本的な考え方

システム開発の基本的な考え方は、ダイオキシン類の再合成に直接関与する物質を高温で除去することで発生を抑止しようとするものである。さらに、従来の小規模焼却処理施設の問題点や改良点を考慮すると、小規模産業廃棄物焼却処理システムとして以下の項目を満たすことが望ましいと考えられる。

- ①小規模でも産業廃棄物焼却処理を安定に行えること。
- ②再合成を抑止することで、2002年12月から小規模焼却炉に適用されるダイオキシン類に係わる特定施設及び排ガス基準値をクリアすること。
- ③再処理が必要な処理生成物が発生しないこと。
- ④排ガスの熱を高効率で利用できること。

このような基本的概念に基づいて開発したシステムの全景と構成フローを図－1に示す。ここで、バグフィルターは本来のシステム構成には含まれないが、実験条件によっては発生するかもしれないダイオキシン類を含む有害物質の大気中への排出を防ぐため、安全対策として設置したものである。前述のように焼却処理過程でのダイオキシン類の生成機構を考えると、発生及び再合成抑止のためには燃焼炉による完全燃焼、再合成温度域より高温での触媒重金属類の除去が重要だと思われる。開発システムはこれらのことが確実に実現できると考えられる方法を組み合わせて構成した。各部分の特徴は以下の通りである。

熱分解は廃棄物をガスとチャーという燃やしやすい燃料に改質することによって、低コストで運転が可能となる。また、滞留時間が長いので、平均化された熱分解ガスが発生するので処理量、組成、発熱量などの変動に対応が可能であり、コントロールも容易にできる。

熔融処理は焼却温度より高温で行うため、より完全燃焼が可能で、幅広いごみ質に対応可能で、廃棄物中の金属類をスラグとして回収できる。さらに、空気量が焼却処理より少ないので設備をコンパクト化できる利点がある。

高温集じんでは排ガス中飛灰を再合成温度域より高温で除去することで、再合成の抑止が可能となり、さらに、集じん後のクリーンな排ガスの熱を効率よく利用する上でも効果的である。

熱交換器で熱を回収することで、エネルギー利用率の向上が可能となる。

本研究では、以下のことを目的とし、開発システムの性能評価を行った。

- ①熱分解—熔融処理による産業廃棄物の安全かつ安定処理。
- ②高温集じん装置による重金属類の除去とダイオキシン類再合成抑止。
- ③熱交換器による高効率熱回収。

3. システムの構成と実験方法

ダイオキシン類発生抑止と高効率熱回収を目的として開発したシステムは前述のように廃棄物の熱処理部、燃焼排ガス処理部、排ガス冷却部で構成されており、その各部分の構成と運転方法を以下で説明する。

本研究で採用した廃棄物の熱処理部は熱分解・熔融一体型で、熱分解炉はロータリーキルン方式で、処理能力はカーシュレッターダスト100 kg/hである。熱分解は外部空気と遮断された酸素が少ない還元状態で、一次熱交換器からの空気と熱交換器による熱回収空気を熱源とし、間接加熱方式で行った。さらに、補助バーナーを温度制御用として使用した。実験ではカーシュレッターダストの含水率が設計値より高く、水分の蒸発により熱を奪われ、設計値よりやや少ない75 kg/hで処理した。ダストフィーダより一定量で供給したダストを約350℃で約30分かけて熱分解ガスとチャーに分解した後、ともに熔融炉に供給した。

熔融炉は上部が内径約0.65 mと高さ3 mの燃焼部で、下部が表面熔融タイプで熔融面積が約3 m²の熔融部になっている。熱処理はカーシュレッターダストの持つエネルギーを主な熱源とするが、温度制御のために補助バーナーを用いた。ここでは熱分解ガスを約1100℃の燃焼部で燃焼させ、炉内温度を高めるとともに、チャーを高温化した後、約1300℃で熔融処理し、スラグとして回収した。本研究の主目的が高温集じんと高効率熱回収だったので、スラグの生成方法は構造の簡単な水砕方式を採用した。熔融炉からの高温燃焼ガスは集じん装置へ送られる。なおこのとき、集じん装置入口温度は熔融炉と集じん装置の間に設置した二重管形式の一次熱交換器流通冷却空気流量を変化させることによりコントロールした。さらに、集じん装置内の温度コントロールは、バイパスへの燃焼ガス量をコントロールする設計とした。集じんには材質がコーゼライトで耐熱性と熱衝撃性が高いハニカムフィルターを48本用いた。その一本の外形寸法は一辺が150 mm、長さが300 mm、セルピッチが10 mmで、使用されたフィルターのトータルろ過面積は約46 m²で、約1 m/minのろ過流速で集じんした。さらに、集じんによってフィルター表面に堆積した飛灰の払い落としには、パルスジェット方式を採用した。集じん後の排ガスは下流に設置した熱交換器によって熱回収した。

本研究で使用した熱交換器は蓄熱型で、材質がコーゼライトで耐食性が高いセラミック熱交換器である。外形寸法は一辺が150 mm、長さが300 mmで、装置は独立した二つの塔をダクトに接続した構造で、ガス流路を切り換えて運転をするようになっている。そして、蓄熱された熱交換器に大気を通し、熱回収し熱分解炉の熱源として用いることで、熱エネルギーを有効利用できるようにした。熱交換器によって熱回収した後の排ガスに対しては、有害物質が大気中に排出されるのを防ぐために設置したバグフィルターを通して放出した。

4. 実験用ダスト

本開発システムの処理対象廃棄物として、カーシュレッターダストを選択した。用いたカーシュレッターダストの写真を図-2に、性状分析結果を表1に示す¹⁾。金属類に対しては、実験に大きく影響を及ぼすと考えられる5つの成分Cu, Fe, Al, Na, Kについて分析した。それらのダスト中含有

量は上記の並べ順で5.21, 5.39, 1.02, 0.36, 0.02wt%だった。通常、カーシュレッダーダストにはウレタン・塩化ビニル・PP・PE等の樹脂類が多く、発熱量が高いこと、金属類（銅線）や各種樹脂類に含まれる重金属類が多く含まれていると報告されている¹²⁾。また、ソーダガラスの混入によるアルカリ成分も多く含まれている。その組成は塩素分と金属類が多く含まれているため、燃焼過程で高濃度ダイオキシン類の再合成が予測される。このダストを処理することでシステムの性能、特に高温集じんによる再合成抑止効果をテストするのに有効だと考え、処理対象物として採用した。

5. 測定項目と分析方法

システム内でのダイオキシンと金属類の挙動を調べるために、スラグ中の金属類の測定と排ガス中のダイオキシン類濃度測定及び飛灰中のダイオキシン類濃度と金属類濃度を測定した。スラグの分析は、

図－2 実験用カーシュレッダーダスト

表1 実験用ダストの性状分析結果

ダ ス ト 性 状	項 目			分析値
	3 成 分	水分	[%]	7.66
ダ ス ト 性 状	元 素 組 成	可燃分	[%]	80.34
		灰分	[%]	12.0
		C (炭素)	[%]	48.0
		H (水素)	[%]	7.0
		O (酸素)	[%]	41.26
		N (窒素)	[%]	1.2
		S (硫黄)	[%]	0.04
ダ ス ト 性 状	発熱量	Cl (塩素)	[%]	2.5
		低発熱量	[kcal/kg]	約5000

酸分解 (3HF:1HCl:1HNO₃) 法により完全溶解した後、誘導プラズマ発光分光分析装置 ICP (HITACHI, P-4010S) を用いた。排ガス中のダイオキシン類濃度は高温集じん装置入口、出口と熱交換器出口で測定した。濃度測定はJIS K 0311の排ガス中のダイオキシン類及びコプラナーPCB測定方法、そして、集じん灰中のダイオキシン類濃度測定は厚生省告示6号（平成12年1月14日）に基づいて行った。また、高温集じんによる重金属類の除去性能を調べるため、集じん装置の入口、出口でJIS Z 8808ダスト採取方法のⅡ型を用いて円筒ろ紙でダストを捕集した後に硝酸吸収液を入れたインピンジャーを二連に接続し、氷冷して採取した。なお、このときろ紙上に採取された金属を粒子状、吸収瓶に回収されたものをガス状金属と定義することにした。分析はJIS K 0083の排ガス中の金属分析方法に準拠、ICP-AES法で行った。

6. 実験結果及び考察

6.1 システムの運転温度

システムの運転温度はダイオキシン類の生成抑止に重要なポイントになる。特に、ダイオキシン類の再合成を抑止するためには高温集じん装置の運転温度は重要である。各部分の運転温度を図－3に示す。熱分解炉出口の温度は設計値より少し低い約330℃で運転した。これは、前述のように廃棄物中含水率が設計値より高く、水分の蒸発により熱を奪われたためである。また、熱分解ガスを用いた熔融炉では補助バーナーを用いることで廃棄物の変動量にあまり影響を受けず、約1300℃で安定運転した。炉内の圧力についても、運転中負圧とした。さらに、ダイオキシン類の再合成温度域より高温で飛灰を除去する高温集じん装置では、入口温度は熔融炉出口付近で一次熱交換器による熱回収、さらに、入口でバイパス量を調節することで設計値に近い温度約700℃と湿り排ガス量約1200 m³/hで運転ができたが、出口は約500℃と、設計値より約100℃近く低い温度になった。これは、設計段階で集じん灰の付着性が高いことを想定し、集じん装置下部壁の傾斜角を大きくとり過ぎたため、装置内容積が大きくなり、結果として内部でガス温度の低下が大きくなったと考えられる。今後の課題として集じん装置内の温度を均一化する対策は必要と考えられる。そして、熱交換器では高温集じん装置出口からの約500℃の排

図-3 システムの運転温度

表2 スラグの組成分析結果

成分	Wt %
Si	73
Na	6.5
Fe	5.3
Ca	5.3
Al	2.2
Cu	2.0
Zn	1.2
Mg	1.4
Ti	0.87
K	0.55
Pb	0.7
S	0.54
Cr	0.08
Mn	0.09

ガスを約100℃程度に急冷することにした。これは、熱交換効率を上げるために熱交換排ガスを露点以下にすると酸性水溶液が発生するので、装置の腐食を防ぐためである。もう一つの熱交換器の使用目的は熱分解炉への熱エネルギーの有効利用であるが、約10℃の大気550 m³/hを蓄熱された熱交換器を通すことで約400℃程度的高温空気が得られ熱分解炉へ供給できた。これによって熱交換率は約70%で、回収した熱エネルギーの有効利用が可能だった。しかしながら、冷風ブロアの風量を上げ過ぎると熱分解炉へ送る高温ガスの温度が下がり、熱分解温度の低下に繋がるため、熱交換効率と供給ガス温度のバランスを考慮して、最適風量を決定する必要があると考えられる。

6.2 熔融スラグ

廃棄物処理量が約75 kg/hの時、熔融処理によって炉下部排出口から約6～10 kg/hのスラグが排出され、安定した時の廃棄物のスラグ化率は約90%であった。そのスラグの組成分析結果を表2に示す。スラグ中には質量比でSiが約70%と最も多く含まれており、Naが約6.5%、FeとCaがともに約5%、AlとCuが約2%含まれていた。これらの成分が多い理由は、カーシュレッダーダスト中のソーダガラスの混入によるアルカリ成分と各種樹脂類や銅線に含まれる金属成分のものと考えられる。そして、環境庁告示第46号によるスラグの溶出試験結果を表3に示す¹¹⁾。いずれの成分も土壌の汚染に係わる環境基準を満足していた。本研究が高温集じんや排ガスからの熱回収が主目的で、スラグの生成方法は構造が比較的簡単な水砕方式を採用したことを考える

表3 スラグの溶出試験結果

分析項目	試験結果	土壌環境基準値
Hg [mg/l]	< 0.0001	≦ 0.0005
Cd [mg/l]	< 0.005	≦ 0.01
Pb [mg/l]	< 0.005	≦ 0.01
Cr ⁶⁺ [mg/l]	< 0.005	≦ 0.05
As [mg/l]	< 0.001	≦ 0.01
Se [mg/l]	< 0.001	≦ 0.01

と、これらの結果はスラグの再利用を考慮する上で有害性に関しては良好と思われる。しかし、今回の実験では、これ以外のスラグに対するテストは行わなかったが、今後、燃焼条件によるスラグの組成や強度など変動を詳しく調べた上で再利用に関する検討が必要だと考えられる。

6.3 高温集じんによるダイオキシン類の再合成抑止

ダイオキシン類の再合成温度領域で集じん温度が再合成濃度に及ぼす影響を検討するため、集じん温度を変えて実験を行い、集じん装置入口、出口及び熱交換器出口の排ガスと飛灰中のダイオキシン類濃度を測定した。実験は出口の温度を再合成温度より高温にする運転と入口のバイパス量を変えて集じん装置に導入される排ガス量を調節することで装置内の温度を再合成温度域になるようにした実験をした。その集じん温度とダイオキシン類の再合成濃度との関係を表4に示す。集じん温度の違いによって熱交換器出口でのダイオキシン類濃度に大きな差が見られた。集じん装置出口の温度がダイオキシン類の再合成温度域の約320℃で集じんした時、集じん装置出口のダイオキシン類濃度は8.3ng-TEQ/m³Nと、0.82ng-TEQ/m³Nの集じん装置入口濃度より大

きく増加した。これに対し、再合成温度域より高温である約500℃で集じんを行った場合は集じん装置入口の濃度0.19ng-TEQ/m³_Nが集じん装置出口では0.71ng-TEQ/m³_Nと若干増加したものの、約320℃で集じんを行った時より再合成が抑えられた結果となった。これは、320℃で集じんを行った場合、前述のように集じん装置内の排ガス温度が再合成温度域になり、飛灰中重金属類の触媒作用で濃度が増加したものと考えられる。集じん装置内での排ガスの滞留時間は運転1と2ともに約40秒程度だった。本実験では排ガスの滞留時間には大きな差は見られなかったが、滞留時間が長くなると排ガスの温度低下による再合成濃度の増加や熱回収効率の低下が考えられるので滞留時間を短くする対策が必要である。

そして、熱交換器出口のダイオキシン濃度は運転1と2ともに集じん装置出口の濃度より少し増加したが、再合成が抑えられた結果となった。これは、高温集じんによって排ガス中の触媒金属類を除去した結果と考えられる。また、集じん灰中のダイオキシン類濃度に関しても、運転1が0.0031ng-TEQ/g、運転2が0.0023ng-TEQ/gと、固相のダイオキシン類はほとんど存在しなかった。従来焼却システムのように約200℃以下で集じんした場合は、集じん灰中にダイオキシン類が濃縮され、ダイオキシン類の総量規制により、再処理が必要となる可能性が高い。しかし、高温集じんすることで、集じん灰の再処理は必要なく、何よりダイオキシン類の発生総量を減らすことができる大きなメリットがある。これらの結果から、集じん温度はダイオキシン類の再合成濃度と密接な関係があり、再合成温度より高温で集じんすることで、再合成の抑制が可能であることが明らかになった。しかし、再合成を確実に抑えるための高温集じんの課題として、集じん装置出口温度を再合成温度より高温、約500℃以上に維持することと、集じん装置内での排ガス滞留時間を短くする必

要があると考えられる。

6.4 高温集じんによる重金属類の除去

溶融炉からの高温燃焼ガスに対してハニカムフィルターを用いて高温集じんした。集じん装置入口の排ガス温度とガス量は各々約650℃と約1200 m³_N/hで、出口の温度は約480℃だった。この条件下で集じん装置入口、出口で排ガス中のダストと重金属類の濃度測定を行い、高温集じんによる除去率を調べた。さらに、集じん灰中の重金属類濃度を調べた。その結果を表5に示す。ダスト濃度は入口が600 mg/m³_N、出口が12 mg/m³_Nと高温集じんによる除去率は約98%だった。しかし、集じん装置出口温度が高い場合、蒸気圧の高い金属塩化物はガス状で排ガス中に残っているのが確認された。表5の金属類の濃度は排ガス中のガス状金属類を採取し、フィルターで捕集した粒子状の金属類濃度と合わせたものである。出口の排ガス中ダスト濃度が金属類濃度を合わせた濃度より低いのは、金属類の濃度にはガス状金属類濃度が含まれているためである。溶融炉から排出される排ガス中の重金属類はZn、Cu、Pb、Feが多かった。重金属類別の集じん率を見ると、再合成の触媒作用が最も強いと言われているCuは約96%除去された。また、FeとAsの除去率は98%、入口濃度が高いZnとPbは各々74、84%が除去され、出口の濃度は他の物質より高かった。以上の結果から、再合成に触媒作用が報告されている金属類の除去率は高いが、蒸気圧の高い金属塩化物の除去率は低いことがわかった。通常、燃焼排ガス中の重金属類の存在状態は温度と排ガス組成に大きく影響される。高温集じんによる重金属類の除去実験を行った時の排ガス中HClの濃度は入口、出口で各々約250ppmと50ppmだった。それに比べSO₂濃度は入口、出口共に2 ppm以下で低かった。従来の焼却処理システムから発生するHCl、SO₂濃度より低い値となった。排ガス中の重金属類がHClと反応し、金属塩化

表4 集じん温度によるダイオキシン類の濃度変化

			運転1	運転2
集じん装置	入口	排ガス温度 (℃)	750	660
		ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ/m ³ _N)	0.82	0.19
	出口	排ガス温度 (℃)	320	500
		ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ/m ³ _N)	8.3	0.71
		飛灰中ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ/g)	0.0031	0.0023
熱交換器	出口	排ガス温度 (℃)	40	110
		ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ/m ³ _N)	9.6	1.1

表5 高温集じんによる重金属類の除去

	集じん装置入口	集じん装置出口	集じん灰(mg/kg)
湿り排ガス (m^3/h)	1200	818	—
排ガス温度 ($^{\circ}\text{C}$)	650	480	—
H_2O (%)	6.5	6.0	—
O_2 (%)	10.0	11.8	—
CO_2 (%)	7.1	5.6	—
ダスト濃度 (mg/m^3)	600	12	—
Zn (mg/m^3)	160	42	390000
Cu (mg/m^3)	55	2.4	110000
Pb (mg/m^3)	44	7.2	2400
Fe (mg/m^3)	4.4	0.097	16000
Cr (mg/m^3)	0.14	0.044	270
Cd (mg/m^3)	0.12	0.075	38
As (mg/m^3)	0.042	<0.001	10
Ti (mg/m^3)	0.044	0.0036	4
Hg (mg/m^3)	0.03	0.012	<0.01

物になると蒸気圧が高くなり気化しやすくなるので、高温域での集じんは難しくなると考えられる。

今回の実験では集じん装置入口で非常に少なかった粒子状の金属塩化物が出口で増加した結果が得られた。これは蒸気圧の高い金属塩化物が高温の集じん装置上流ではガス状で存在し、フィルターを通り抜けた後、排ガス温度の低下により、固化したものと考えられる。さらに、溶融処理により発生したガス状成分がフィルターを通り抜けるのを考慮し、フィルター表面に堆積するダスト層を厚くした。しかし、それはダストがフィルター表面で排ガス（特にHCl）と反応する時間を与えた結果となり、ダストがガス状になりフィルターを通り抜けたとも考えられるので、今後、高温での排ガス組成が重金属類の存在状態に及ぼす影響を検討し集じん効率を向上させる必要があると考えられる。

7. システムとしての総合評価

ダイオキシン類の発生抑止にはダイオキシン類の二次生成が起こりやすい状態、すなわち、排ガス温度250～400 $^{\circ}\text{C}$ 、未燃有機化合物の存在、触媒作用のある重金属類の存在を避けることが重要である。そのためには燃焼炉による完全燃焼、高温集じんによる重金属ダストの除去が大きなポイントになるが、本排ガス処理システムはこれらのポイントを十分に満足すると言える。

従来、ダイオキシン類の排出抑制は、焼却システム中で生成したダイオキシン類をバグフィルター単独あるいは活性炭などと組み合わせて捕集する方法がとられてきた。それと比べると本開発システムは

ダイオキシン類の再合成に直接関与する物質を高温で除去することにより発生を抑止しようとするものである。本研究では高温集じん装置を約500～700 $^{\circ}\text{C}$ で運転したが、出口温度が高いほどダイオキシン類の濃度が低くなる傾向が見られたので、高温集じんはダイオキシン類の発生抑止に有効であることが確認できた。しかし、溶融炉出口でかなり低かったダイオキシン類の濃度が集じん装置出口では若干高くなった。今回の研究では、設計段階で集じん灰の付着性が高いことを想定し、集じん装置下部壁の傾斜角を大きくとり過ぎたため、装置内容積が大きくなった。その結果として集じん装置内部で予想以上の排ガス温度の低下を招いた可能性があるもので、さらに詳細な検討が必要である。

しかし、ダイオキシン類が発生しやすい成分を多く含むカーシュレッターダストを処理対象物としたことと設計上の誤りがあったにもかかわらず、前述のような研究成果が得られたのはシステムの性能を評価するのに良好な結果と考えられる。今後、本排ガス処理システムは小規模産業廃棄物焼却処理におけるダイオキシン類の発生抑止と高効率熱回収方法として大いに利用されることが期待できる。

8. ま と め

小規模産業廃棄物の安全かつ安定的な処理のために高温集じん法を用いた産業廃棄物燃焼排ガス処理システムを開発し、カーシュレッターダストを用いて実験を行った。本実験で得られた成果をまとめると以下のとおりである。

1. 小規模産業廃棄物の焼却処理に熱分解-溶融炉

を用いることで安全かつ安定的処理ができた。

2. 廃棄物の安定的な減量化と金属類を再処理が不要な安全なスラグとして回収できた。
3. ダイオキシン類の再合成温度より高温で触媒金属類を高効率で除去できた。
4. 高温集じんにより、ダイオキシン類の再合成を抑止し、2002年12月から適用されるダイオキシン類の基準値をクリアできた。
5. 高温集じん後のクリーンな排ガスを熱交換器より高効率で熱回収できた。

謝辞：本研究はエネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)平成10年度3次補正予算「即効型地域コンソーシアム」の一環として行ったものである。ここに記して、感謝を示します。

参考文献

- 1) 三好 康彦：小型焼却炉選定と維持管理，公害対策技術同好会
- 2) W. M. Shaub et al. : Dioxin formation in incinerators, *Environ. Sci. Technol.*, Vol.17, pp.721-730 (1983)
- 3) F. W. Karasek, L. C. Dickson : Model studies of polychlorinated dibenzo-p-dioxins formation during municipal refuse incineration, *Science*, 237 (4816), pp.754-762 (1987)
- 4) L. Stieglitz, H. Vogt : On the formation conditions of PCDD/PCDF in fly ash from municipal waste incinerators, *Chemosphere*, 16 (8), pp.1917-1922 (1987)
- 5) L. Stieglitz, G. Zwick, J. Beck, W. Roth, H. Vogt : On the de-novo synthesis of PCDD/PCDF on fly ash of municipal waste incinerators, *Chemosphere*, 18 (1), pp.1219-1266 (1989)
- 6) Kees Olie, Ruud Addink, Mirjam Schoonenboom : Metals as catalysts during the formation and decomposition of chlorinated dioxins and furans in incineration processes, *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, Vol.48, pp.101-105 (1998)
- 7) Moo Been Chang, Tsai Fei Huang : The effects of temperature and oxygen content on the PCDD/PCDFs formation in MSW fly ash, *Chemosphere*, Vol.40, pp.159-164 (2000)
- 8) (株)日本粉体工業技術協会編：粉塵の技術と装置，日本工業新聞社，pp.183-202 (1997)
- 9) 金岡千嘉男：石炭灰の高温分離技術の動向，*日本エネルギー学会誌*, 77 (851), pp.170-176 (1998)
- 10) 金岡千嘉男，梁 寛植：高温集じん法利用による粒子および有害ガスの除去，*金属*, 68 (9), pp.6-13 (2000)
- 11) 平成10年度地域コンソーシアム研究開発事業：ダイオキシン発生抑止・高効率熱回収型産業廃棄物焼却排ガス処理システムの構築，成果報告書
- 12) 飯田修司：自動車シュレッダーダストの減容乾留実証プラント，*資源と環境*, 9 (2), pp.49-58 (2000)

Development of a Small-scale Industrial Waste Combustion Flue Gases Treatment System for Prevention of Dioxin Formation and High-Efficiency Heat Recovery

Kwan-Sik Yang, Chikao Kanaoka, Masui Megumi, Kato Susumu

ABSTRACT

We developed a small-scale industrial waste combustion flue gas treatment system operating at a capacity of 2t/day, for the purpose of suppression of dioxin formation and high-efficiency heat recovery. The feature of this system resides in hot gas cleaning of metals catalytically acting in re-formation of dioxins and rapid cooling of the flue gas in a re-formation temperature region. In addition, for a high-efficiency heat recovery was accomplished with a heat exchanger. Car shredder dust was selected to test the newly developed system. The dust was thermally decomposed under the reduced condition at 75kg/h, and thereafter subjected to melting treatment, whereby giving a slag formation ratio of about 90 %. Furthermore, ca. 700 °C flue gas was subjected to hot gas cleaning with a ceramic honeycomb filter, whereby the dioxin concentration could be controlled to 1.1 ng-TEQ/m³_N at the outlet of the heat exchanger. The dust collection ratio of the scattered ash by means of hot gas cleaning was about 98 %, and a removing rate of a heavy metal catalyst was especially high. The heat recovery efficiency with the heat exchanger was about 70 %. From the above results, this newly developed flue gas treatment system can be widely utilized for a small-scale industrial waste treatment.

Key Words : small-scale industrial waste combustion flue gas treatment system, dioxin, gasifying-melting furnace, hot gas cleaning, high-efficiency heat recovery small.