

## 焼却炉燃焼排ガス処理に関する一考察 —塩化水素ガスの除去—

梅原 忠 上田 光洋 山崎 慎也  
中井 健雄\* 倉垣 興次郎\* 西崎 勝則\*

Some considerations on fuel gas processing in the incinerator  
—Removal of hydrochloric acid gas—

Tadashi UMEHARA, Mitsuhiko UEDA, Shinya YAMAZAKI  
Takeo NAKAI\*, Koujirou KURAGAKI\* and Katsunori NISIZAKI\*

Recently the dioxins pollution come to social problem. However small incinerator cannot be used because of the combustion at the low temperature.

In this study, we try to wrap volatile hydrochloric acid by using liquid ceramics solution.

By spraying the liquid ceramics on the exhaust gas, it was possible to remove of the hydrochloric acid gas of up to 80%.

It is successful for starting and ending operation of incinerator, when the furnace temperature is low.

### 1. 緒 言

近年、わが国をはじめ欧米諸国において汚染軽減対策が進められている塩素系環境汚染物質であるダイオキシン類はいずれも強毒性であり、現在の環境レベルの汚染で人体に生殖障害や免疫抑制などの影響を及ぼす可能性がある。

ダイオキシンはポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシン(PCDD)、ポリ塩化ジベンゾフラン(PCDF)およびコプラナーPCB(Co-PCB)を含めた3種の化合物の総称である。そしてこの中で最強毒性を示すものは2, 3, 8, 7-TCDDで、その毒性は青酸カリの二万倍以上、サリンの数倍といわれている。

さらに、ダイオキシンが体内に蓄積することにより、発ガン性、貧血、皮膚炎、肝臓障害、先天性異常、生殖障害、免疫抑制ホルモン異常などを起こすといわれている。

ダイオキシンは、ベンゼン環を含む化合物、塩素源となる化合物と酸素、反応を触媒する遷移金属(鉄、銅など)元素がそろい、かつ反応温度が300~600℃であるときに生成すると考えられている。

これらのダイオキシン類の8割から9割は一般廃棄物処

理によって発生していると報告があり、特に小型の焼却炉からの発生が多いといわれている。その理由は、大型の焼却炉は24時間連続運転で、燃焼温度が高く安定に燃焼しつづけているのに対して、小型の焼却炉では、一日に8時間から16時間の運転を行っており、そのスタート時は焼却温度も低く、また燃焼も安定していないため安定燃焼のときよりも発生が多くなると考えられている。

また、ごみ焼却炉からのダイオキシンは排ガス中だけではなく焼却炉から排出される焼却灰や飛灰中にも含まれており、これらの量は排出合計の80~95%を占めている。焼却灰、飛灰は最終処分場に運び埋め立てられるが、最終処分場からのダイオキシン流出による汚染が問題となる。

ダイオキシンの排出を抑制するためには、発生源となる物質を焼却炉内に入れないこと、炉内温度をダイオキシン生成温度とされている300~600℃にならないように高温に保つ、ダイオキシン発生そのものを抑制する方法がある。しかし、完全にゴミの分別をすることは難しく、燃焼温度も小型の焼却炉では一定に保つことは困難である。さらに、排ガスが外に出ていく過程で温度が下がりそのためにダイオキシン生成温度域になりそこでダイオキシンが生成してしまう可能性もある。そのた

め、実際にダイオキシン生成量をゼロにすることは非常に困難であるため、排ガス処理によるダイオキシン排出抑制が重要になってくる。

そのためこれまでも色々な排ガス、飛灰処理法が考えられてきた<sup>1-3)</sup>。しかし、どの方法も、処理後に問題があり、コストがかかりすぎる問題を抱えている。

そこで本研究では、(株)コーミックス社製のシラノール ( $\text{Si} \cdot \text{H}_4 \cdot \text{nOHn}$ ) 塩とシロキサシ ( $\text{H}_3\text{SiOSiH}_3$ ) の水性造膜無機化合物である液体セラミックス (以下LCと略す) を用いて排ガス処理を行なうことを試みた。LCは200~800℃で発泡状態となるため、200~800℃の排ガスにLCを充満させることにより、造膜してバブル化し、ダイオキシン前駆体である揮発性塩酸、Pb、Zn、As、Cr、Ceなどの重金属、およびフライアッシュをバブル中に包含し捕捉することが出来る。更に、発泡状態のLCは冷えると固まり、捕捉したものを外に出さなくなり、処理後のLCは廃棄物として処理をすることが可能となる。また、装置自体は小型で簡単な作りであるため、焼却炉の煙道途中に簡単に設置することが可能である。

## 2. 実験

### 2.1 実験装置及び操作

試作した実験装置の概略を、Fig.1に示す。

装置は、燃焼炉 (プロパンガス燃焼) と一体型になっており排ガス管 (内径100mm) 途中にLC噴霧場所を二カ所設置した。測定に使用したHClは気体で供給するために液体の状態を流量を調節し、一度燃焼炉内で加熱し供給した。ガスの温度を測定するために熱伝対温度計をLC供給場所の前と後に設置した。ガス風量測定のために風量計 (ピトー管) を排ガス流路途中に設置した。風量調節はプロアーを用いておこなった。

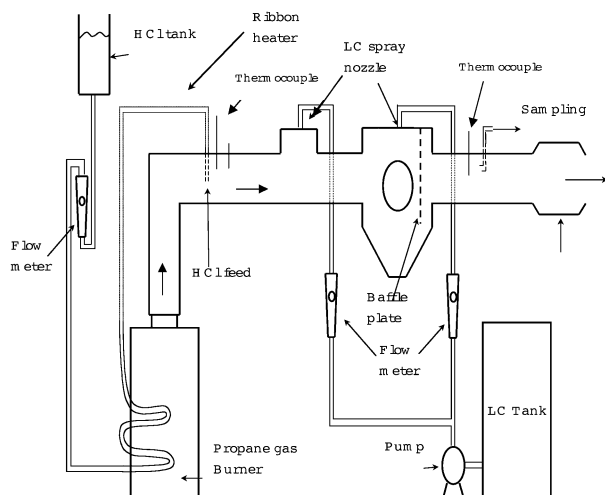


Fig.1 Schematic diagram of pilot scale experimental apparatus

LCは霧状で供給するために吹き出し口でガスと接触させて供給した。

ガスのサンプリング口は後方の温度計の直ぐ後ろに設けた。

Fig.2に示すように、サンプリング口は管の中心からガラス管を取り付け、真空ポンプを用いてガスを引っ張った。このときの真空ポンプのガスを引く強さは途中の流量計を用いて調節をした。ガスが途中で凝縮してしまうと測定が出来なくなるので、リボンヒーターを用いて150~160℃に加熱した。

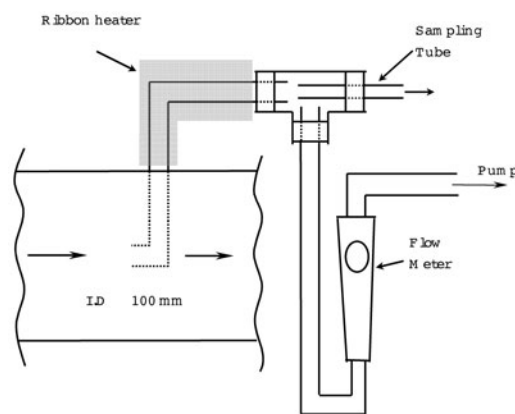


Fig.2 Sampling Method

ガス流量を880Nm<sup>3</sup>/minに調節し、そこに濃度1N、2N、3Nの塩酸をそれぞれ1.1ml/min、3.0ml/min供給した。その上で、排ガス管内温度を装置前方の温度計で450±5℃、装置後方の温度計で300℃以上になるまで装置を加熱した。

LC溶液は30ml/min、60ml/min、100ml/min噴霧して測定を行った。塩化水素濃度の測定は検知管を用いた方法で測定を行った。また、LC粉末中のCl<sup>-</sup>含有量及びLC粉末の粒子径測定も行った。

塩化水素濃度以外に一酸化炭素、亜硫酸ガス、窒素酸化物、炭酸ガス、酸素の濃度についても測定を行った。

#### 2.1.1 検知管を用いた方法

サンプリング口のリボンヒーターを150℃以上まで加熱し、真空ポンプを用いて約1900ml/minで管内ガスを引き、塩化水素用の検知管 (光明理化学工業製北川式) を用いて検知管の読みを測定値とした。

#### 2.1.2 LC粉末の分析

HCl (1N) 3.0ml/minで、LC3wt%、60ml/minの条件で1時間噴霧後、邪魔板に付着したLC粉末を採取、その粉末を乳鉢で細かく粉碎したもの約0.3gを秤量し、精製水5mlを加えそれを、90℃湯せん器内で振とうさせながら約24時間Cl<sup>-</sup>を溶出する。その後、イオンクロマトグラムによってCl<sup>-</sup>含有量を測定した。ブランクとして、

原液を乾燥させ粉末状にしたものでも測定を行った。

2. 1. 3 LC粉末の粒子径の測定

400cm<sup>3</sup>の水に試料4.0gと分散剤0.5gを分散した。その液から定時間ごとにアンドレアゼンピペットを用いて吸い出し、乾燥させて質量を測定し頻度分布曲線を作成した。

2. 1. 4 塩化水素以外のガス濃度測定

検知管をもちいて上記と同様の操作で一酸化炭素、亜硫酸ガス、窒素酸化物、炭酸ガス、酸素の濃度について測定を行った。

3. 結果及び考察

3. 1 検知管による測定結果

装置後方のLC噴霧場所での結果を示す。Fig.3及び4にLC濃度対測定値、Fig.5及び6にLC濃度対除去率のプロットを示す。ただし、これらのグラフでLC濃度0%となっているのはLC非供給時の値である。

図より濃度に関係なくHClが1.1ml/minの時のほうが3.0ml/minの時よりも除去率が良くなっていることがわかる。このことは、HClのLCによる補足はHClの濃度ではなくHClの量に対する、LC量によって決まってくるのではないかと示唆している。

Fig.5, 6より、LC30ml/minでは除去率は低下していることがわかる。これは、LC量が少なくなるとLCの分散量が少なくなって排ガスとの接触効率が悪くなっているものと考えられる。

LC噴霧量を100ml/minとした場合は、LC液量が多すぎるために排ガス温度がかなり下がってしまい、LCが完全に固化しなかった。

そのため、LCによる効果を得るためには、ガス温度

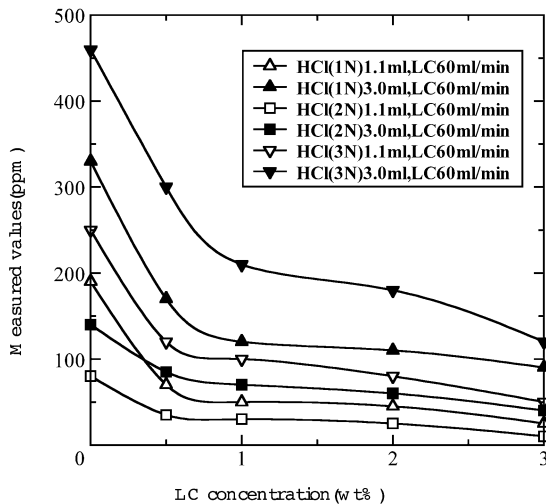


Fig.3 Relation between LC and measured value of hydrogen chloride

が低下しすぎない、LCが完全に固化できる量のLCを供給する必要がある。

次に、装置前方でのLC噴霧実験を行ったが、噴霧場所が狭いためにLCが液のまま下の管壁についてしまい、

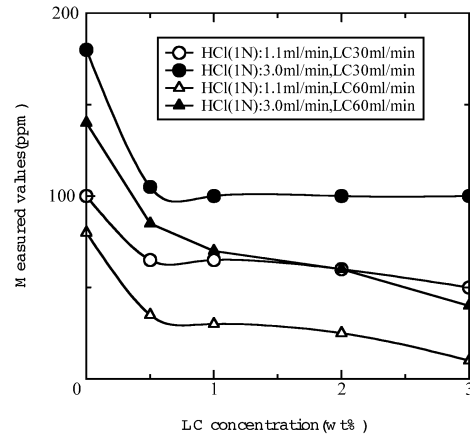


Fig.4 Relation between LC concentration and measured values

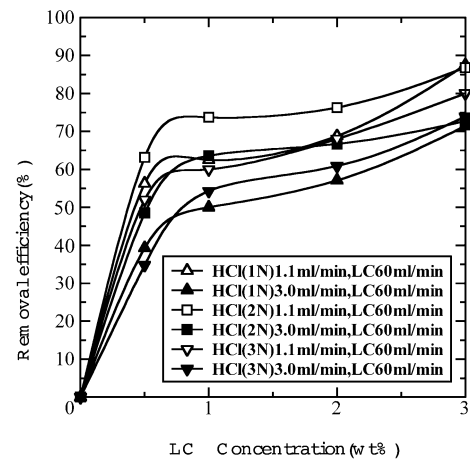


Fig.5 Relation between LC concentration and removal efficiency

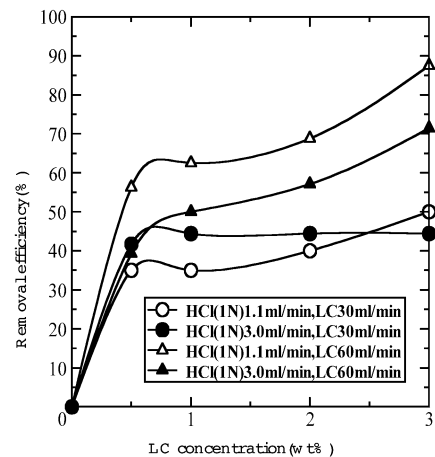


Fig.6 Relation between LC concentration and removal efficiency

液だまりが出来それが固化してしまうと言う欠点がある。すなわち、装置後方の噴霧場所と同じくらいのスペースが必要であり、期待できる効果は得られなかった。

### 3.2 LC粉末の分析結果

装置後方のLC噴霧部の邪魔板に付着したLC粉末中のCl-含有量は、供給塩酸量の53%であった。

この結果より、LCの噴霧によりHClが補足されていることがわかった。なおこの条件での検知管による除去率は、71%であった。

### 3.3 LC粉末の粒子径測定結果

Fig.7に頻度分布曲線を示す。このグラフにおいて波線になっている部分は測定不能であったために予想値となっている。

これを見ると、粒子径 $10\mu\text{m}$ 以下のものが多いことがわかる。

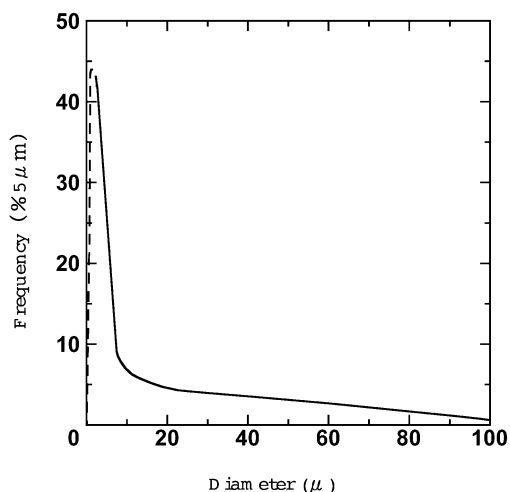


Fig.7 Size Distribution of particle

### 3.4 塩化水素以外の濃度測定結果

測定結果を表1に示す。

Table 1 measurement results by detector tube.

測定ガス	LCなし [ppm]	LCあり [ppm]
塩化水素	50	20
一酸化炭素	50	0
亜硫酸ガス	50	5
窒素酸化物	変化なし	
炭酸ガス	変化なし	
酸素	変化なし	

結果、一酸化炭素、亜硫酸ガスについてもLCで除去されている可能性があることがわかった。

## 4. 結 言

焼却炉燃焼排ガスの処理装置を試作しHCl及びLCの供給量、濃度を変化させて測定を行った結果、LC噴霧によるHClの除去は可能であることがわかった。また、HClに対するLCの量と濃度によりHClの除去率が変わってくるということがわかった。

塩化水素以外にも一酸化炭素、亜硫酸ガスについてもLCにより除去されている可能性がある事がわかった。

今回の実験により、HClのLCによる除去は最大で約80%が可能になった。しかし、排ガス中のHClの含有量と、ダイオキシンの発生量の相関関係がわかっていないために実際HClが80%除去できたためにダイオキシンの発生も80%おさえられるとはかぎらない。

また、この試作した装置では、 $450^{\circ}\text{C}$ 位までしか、温度を上げることが出来なかったが、 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 付近まで温度が上げられるとLCによる温度低下も押さえられるのでもう少し多くのLC量で測定が出来、除去率も高い値が期待できると思われる。

高温領域で塩酸除去率を向上させることが出来れば、ダイオキシンの大量発生が起こる可能性がある焼却炉の運転開始時と運転停止後の防止装置としての利用が可能になると思われる。また、噴霧装置をつけるだけで大変簡単であるため、既存の焼却炉の煙道途中に設置することにより、低コストで安全に排ガス処理が出来るようになると思われる。

LC粉末中の塩素イオン濃度の測定は、積水化学工業(株)、粉末の粒径分布の測定は、奈良高専物質科学工学科井口高行教授に協力いただいた。深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Hachiya, N., T., Kita, H. Kamiyama and M. Horio, J. JAPAN Inst. Of Energy, 76, 980 (1997)
- 2) Kobayashi, Y., Waste Mange. Res., Japan, 10, 86 (1999)
- 3) Piao, G., S. Aono, S. Mori, S. Deguchi and Y. Fujima, Waste Manag. GBR, 18, 509 (1998)