

〔研究報告編〕

都市ごみ焼却炉における塩化水素
発生要因についてNotes on the factors affecting hydrogen chloride
produced in refuse incinerators岩永宏平* 大沢正明* 土橋正二郎*
Kohei Iwanaga, Masaaki Osawa and Syojiro Tsuchihashi

1. はじめに

昭和52年6月に大気汚染防止法が一部改正され、ごみ焼却施設から排出される塩化水素に排出基準が定められた。以来、特に中規模以上の施設においては、塩化水素除去設備を設置することにより、排出基準に対処しようとする例が急増している。しかしながら、小規模施設においては電気集塵器を有さないため、これを必要とする乾式除去設備を設置できないので、原因物質の分別収集、別途処理に頼らざるを得ないのが現状である。

塩化水素の原因物質については、近藤¹⁾の報告により、ごみの組成別の揮発性塩素量が示され、一般的な組成別の寄与率も算出されている。

そこで本稿では、実稼動施設において、ごみ質が塩化水素発生量にどの程度の影響度を有するかを把握するために、福岡県にて昭和54年度～55年度に25箇所のごみ焼却施設で実測したデータを基に、ごみ質と塩化水素発生濃度の関連性について検討した。

2. 調査方法

2.1 調査期間

昭和54年4月～昭和56年3月

2.2 調査対象施設

福岡県下25箇所のごみ焼却施設を対象にした。内訳は「連続燃焼式5施設、パッチ燃焼式20施設」(30t/日未満5施設、30～99t/日17施設、100t/日以上3施設)である。いずれも塩化水素除去設備を設置していない施設で

あり、ガス冷却方式は水噴霧方式である。

各施設につき年1回、2年間で計47件(3施設は1検体のみ)の調査を行った。

2.3 分析方法

試料採取箇所は、いずれも除塵装置出口煙道あるいは煙突である。

分析方法は、JIS K 0107 5.2 硝酸銀法によった。

3. 調査結果ならびに考察

塩化水素測定結果及び処理量、ごみ質等の測定条件は次のとおりであった。

3.1 塩化水素発生濃度

表1に塩化水素発生濃度を集計した結果を示した。

酸素換算値の平均値は810 mg/m³N、最頻値は830 mg/m³Nであり、規制値(700 mg/m³N)を超える検体は全体の68%に達した。

表1 塩化水素発生濃度

項目	分析値	O ₂ 換算値
平均値(mg/m ³ N)	460	810
範囲(mg/m ³ N)	980(1060-80)	1400(1640-240)
最頻値(mg/m ³ N)	330	830

* 不検出(98mg/m³N以下)は80mg/m³Nとした

3.2 塩化水素とごみ質との関連性

ごみ中の原因物質として、現在まで合成樹脂類(ポリ塩化ビニール)、厨芥類(無機塩素化合物)、紙・布類が久保田²⁾(1979)らによって指摘されてきた。

ここでは、各種組成と塩化水素実測値を比較し、さらに、近藤(1978)による揮発性塩素量を基に算出した

* 日本環境衛生センター九州支局環境科学部
Department of Environmental Science, Kyushu
Branch, Japan Environmental Sanitation Center

理論値と実測値を比較した。

なお、種類別の理論的塩化水素発生量は下式によった。また、比較した実測値は酸素換算をしない分析値とした。

種類別塩化水素発生量＝

$$\frac{\text{焼却量 (kg/hr)} \times \frac{100-W}{100} \times \frac{a}{100} \times k}{\text{排ガス量 (m}^3\text{/hr-dry)}} \times 10^6$$

W：ごみ中の水分 (%)

a：合成樹脂 (厨芥, 紙, 布) 類含有率 (%)

k：各種類中の塩素含有率 (kg/組成ごみ kg-dry)

(1) 合成樹脂類

合成樹脂含有率より求めた塩化水素発生量と実測値との関連を図1に示した。一次回帰分析による相関係数は $r=0.50$ で、関係式は $y=0.03k_1x+195$ である。

(2) 紙・布類

紙・布類含有率より求めた塩化水素発生量と実測値との関連を図2に示した。

一次回帰分析による相関係数は $r=0.60$ で、関係式は $y=0.01k_2x+156$ である。

(3) 厨芥類

厨芥類含有率より求めた塩化水素発生量と実測値との関連を図3に示した。

一次回帰分析による相関係数は $r=0.20$ で、関係式は $y=0.01k_3x+376$ である。

(4) 組成中の塩素量を考慮した理論値

次に、近藤 (1978) による種類別の揮発性塩素量 (表2) を用いて各検体ごとに理論値を算出し、実測値と比較検討した。算出式は以下のとおりとした。

理論値 (A)＝

$$\left[\text{焼却量 (kg/hr)} \times \frac{100-W}{100} \times \left(\frac{a}{100} \times \frac{4.559}{100} + \frac{b}{100} \times \frac{0.345}{100} + \frac{c}{100} \times \frac{0.153}{100} \right) \times \frac{36.5}{35.5} \right] \div$$

排ガス量 (m³/hr-dry) × 10⁶

a：合成樹脂類含有率 (%-dry)

b：紙・布類含有率 (%-dry)

c：厨芥類含有率 (%-dry)

その結果、実測値の平均 460mg/m³N に対し理論値の平均は 550mg/m³N となった。

また、実測値と理論値の相関は図4に示したように、一次回帰分析で相関係数 $r=0.57$ 、関係式は $y=0.58x+136$ となった。

なお、この相関係数は危険率 1%以下で有意であった。

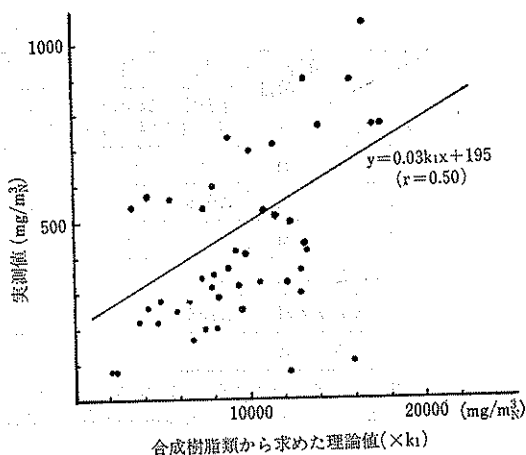


図1 合成樹脂からの塩化水素発生量の理論値と実測値の相関

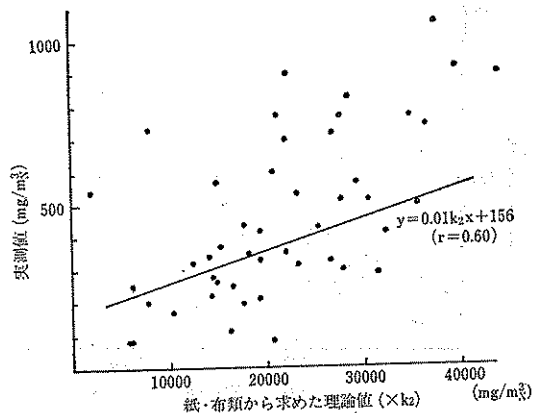


図2 紙・布類からの塩化水素発生量の理論値と実測値の相関

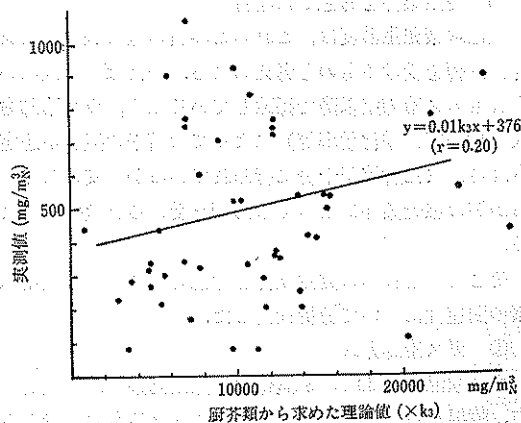


図3 厨芥類からの塩化水素発生量の理論値と実測値の相関

表2 ごみ中の塩素についての分析例 (乾物ベース)

(単位%)

種類	抽出物			残渣物			全揮発性塩素 A	全塩素 B	A/B ×100
	揮発性塩素	灰中の塩素	全塩素	揮発性塩素	灰中の塩素	全塩素			
厨芥類	—	—	—	0.153	0.644	0.797	0.153	0.797	19.20
紙類	0.008	—	0.008	0.093	0.044	0.137	0.101	0.145	69.66
布類	—	—	—	0.244	0.045	0.289	0.244	0.289	84.43
ゴム皮革類	0.510	—	0.510	0.115	0.283	0.398	0.625	0.908	68.83
プラスチック類	3.258	—	3.258	0.676	0.209	0.885	3.934	4.143	94.96
その他	—	—	—	0.177	0.458	0.635	0.177	0.635	27.87

※ 1. %は最初の試料1gに対する重量割合

2. 上記の分析値は厨芥類については2試料, 他は3試料の分析値の平均

(出典: 近藤 1978)

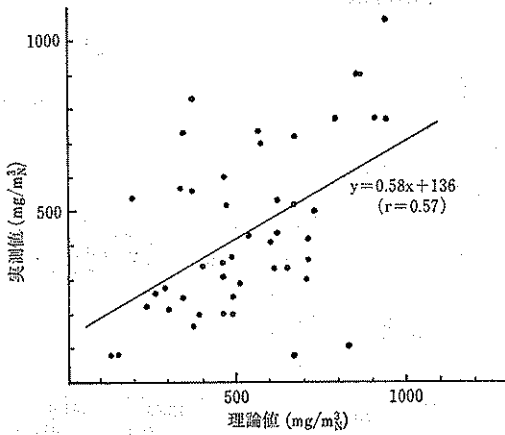


図4 揮発性塩素量より求めた塩化水素の理論値と実測値の相関

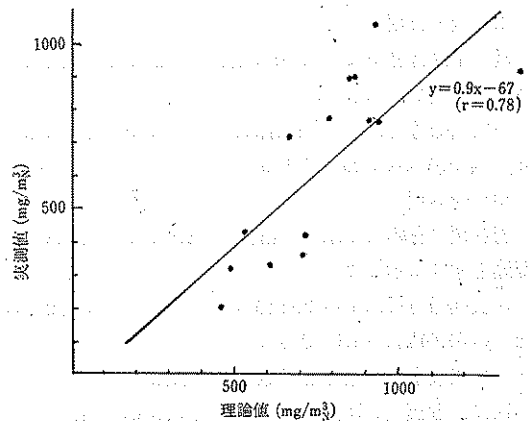


図5 排ガス中の水分25%以上の施設の揮発性塩素量より求めた塩化水素の理論値と実測値の相関

(5) 発生条件を考慮した場合

塩化水素発生濃度は、これらごみ質の他に様々な条件に影響を受けるものと考えられる。例えば、今回はいずれもガス冷却室以降で採取しているため、ガス冷却方式(噴霧圧, 霧化効率等)によっては若干の減少が想定される。また燃焼が十分に行われているか、安定しているか等の燃焼条件によっても影響を受けると考えられる。

そこで、これらの発生条件を考慮し、ごみ質と塩化水素の関連性について分析検討した。

① ガス冷却方式

ガス減温室における塩化水素除去効果は、水噴射圧力、噴射水量、霧化効率等によって異なるものと考えられる。

本調査では、噴霧圧力については把握しているが、霧

化効率等詳細な点については把握していない。従って本稿では、圧力、霧化効率は排ガス中の水分含有率に比例すると想定し、排ガス中の水分を15%未満, 15~24%, 25%以上の3種に大別し、実測値と比較した。

その結果は表3に示したとおり、排ガス中の水分が15%未満の場合は実測値平均 310 mg/m³N に対し、理論値平均 430 mg/m³N, 15~24%の場合は実測値平均 450 mg/m³N に対し、理論値平均 480 mg/m³N, 25%以上の場合は実測値平均 630 mg/m³N に対し、理論値平均 780 mg/m³N であり、理論値と実測値を比較すると、いずれの場合も理論値がやや高い。これは、実測値がガス冷却室によって、ある程度除去された結果とも考えられる。それぞれの相関係数は、15%未満の場合は r=0.1, 15~24%の場合は r=0.1, 25%以上の場合は r=0.78 で

表 3 排ガス中の水分別の塩化水素

条 件	実測値 (mg/m ³ N)	理論値 (mg/m ³ N)	相 関	差の 標準偏差
(N=47)	460	550	$y=0.58x+136$ $r=0.57^*$	155
排ガス中の水分 15%未満 (N=16)	310 (730)**	430	$y=0.1x+270$ $r=0.10$	198
" 15~24% (N=17)	450 (800)**	480	$y=0.1x+483$ $r=0.10$	133
" 25%以上 (N=14)	630 (900)**	780	$y=0.9x-67$ $r=0.78^*$	140

* 危険率 1%以下で有意
** ()内は O₂換算値である

あり、25%以上では相関が非常に高くなる。

また、排ガス中の水分別に実測値の平均を比較すると、水分が低いほど塩化水素濃度も低くなっている。このことが噴霧方式の相違によるものか、また水分が高いほど施設内容がととのい、燃焼状態も良好になる傾向があることによるものか不明であるので、以下では燃焼状態も含め検討する。

② 燃焼条件

燃焼状態に関し、塩化水素発生量に影響を与える因子を大別すると、燃焼状態が安定しているかどうか、ならびに、燃焼が完全に行われているかどうかの2点があげられる。つまり、連続的にごみが供給され定常的に炎燃焼が進行しているかどうか、また、投入されたごみが未燃物として残らずほぼ完全に焼却しつくされているかどうかである。前者については、塩化水素採取時の経時的誤差を防止する意味で重要であり、後者については、塩化水素がごみの燃焼によって生ずるものであることを考えれば当然のことである。

このことをふまえ、本稿では、塩化水素発生量に関す

る燃焼上の条件として投入方法（直投入方式かピット&クレーン方式か）、炉温、焼却灰の熱灼減量の3項目に注目した。

つまり、投入方法がピット&クレーン方式、炉温の変動幅が 300°C 以内、熱灼減量が 15%以下の3条件を満たした施設は比較的安定した燃焼状態を維持しているものとし、それ以外の施設と比較検討してみた。

その結果を表4ならびに図6に示した。

前記の3条件のいずれれをも満たしている場合、実測値と理論値の相関係数は $r=0.73$ ($y=0.74x+73$) であった。

逆に、前記の3条件のいずれれかが該当しない場合は、実測値と理論値の相関係数は $r=0.01$ となり、相関が認められなかった。

4. まとめ

(1) 福岡県内の25施設のごみ焼却施設を対象に、延べ47回の塩化水素測定調査をした結果、その平均値は、分析値で 460mg/m³N、酸素換算値で 810mg/m³N であり、

表 4 燃焼条件ごとの塩化水素

条 件	実測値 (mg/m ³ N)	理論値 (mg/m ³ N)	相 関	差の 標準偏差
ピット有、炉温の変動幅 300°C 以内、熱灼 15%以下 (N=22)	550	650	$y=0.74x+73$ $r=0.73^*$	135
ガス中水分 15% 未満 (N=4)	400	410	$y=1.51x-221$ $r=0.87$	71
" 15~24% (N=8)	410	520	$y=0.2x+304$ $r=0.17$	146
" 25% 以上 (N=10)	730	850	$y=0.75x+88$ $r=0.76^{**}$	140
ピット有、炉温の変動幅 300°C 以内 (N=30)	500	590	$y=0.69x+91$ $r=0.67^*$	147
ピット有 (N=35)	490	590	$y=0.68x+88$ $r=0.66^*$	143
炉温の変動幅 300°C 以内 (N=35)	490	570	$y=0.65x+106$ $r=0.62^*$	143
ピット無又は炉温の変動幅 300°C 以上又は熱灼 15%以上 (N=25)	380	460	$y=0.1x+331$ $r=0.10$	176

* 危険率 1%以下で有意
** 危険率 2%以下で有意

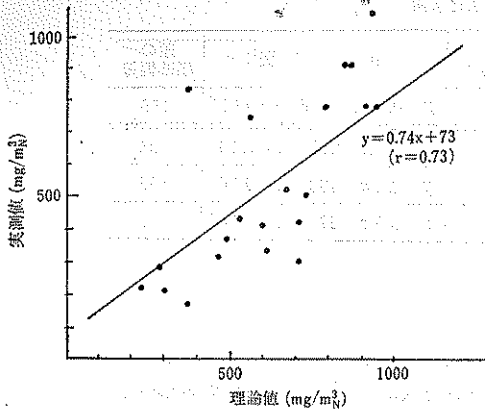


図6 3つの条件を満足した施設(ピット有, 炉温幅 300°C 以内, 熱灼減量15%以下)の揮発性塩素量より求めた塩化水素の理論値と実測値の相関

47検体中32検体(68%)が規制値を上回っていた。

(2) ごみ質と塩化水素発生量との相関は, 合成樹脂類及び紙・布類が比較的高く, 厨芥類は低かった。

(3) 近藤により報告されたごみの種類別の揮発性塩素量から, 理論上の塩化水素発生量を求め, 実測値と比較した結果, 相関係数は0.57であり, その平均値は実測値 460 mg/m³N に対し理論値 550 mg/m³N であった。実測値がガス冷却水により若干減少した値であることを考慮すれば, よく類似していると言えるだろう。

(4) 排ガス中の水分が高く, 燃焼状態が安定した施設では, 実測値と理論値の相関係数は0.76であり, 逆に水分が少なく, 燃焼状態の不安定な施設では, 相関はほとんど認められなかった。]

参考文献

- 1) 近藤高一: ごみ焼却炉における塩化水素除去技術の概要, 固体廃棄物, No. 26, 30~40, 1978.
- 2) 久保田 宏: ごみ焼却炉内における無機塩素化合物からの塩化水素生成反応の熱力学的考察, 都市と廃棄物, 9 (12), 1979.

Summary

(1) The average value of hydrogen chloride in fine gas investigated at 25 refuse incinerator facilities in Fukuoka Prefecture was 460 mg/m³N in analyzed value and 810 mg/m³N in value calculated from oxygen concentration. Thirty two out of 42 (68%) were over the regulation limit.

(2) The correlation between treated refuse qualities and the volume of effluted HCl gas was recognized as being relatively high on the plastic or the paper content, but was not remarkable on the garbage content.

(3) Comparing the analyzed HCl contents with theoretical HCl contents obtained from volatile chlorine in different kinds of refuse material as reported by Kondo (1978), the correlation index was 0.57 and the theoretical value, was 550 mg/m³N and the analyzed value was 460 mg/m³N on average. Considering that HCl gas seems to be reduced by cooling water, it seemed that the theoretical value would coincide with the analyzed value.

(4) The correlation index between the analyzed value and the theoretical value of HCl was 0.76 in the facilities in which the water content in flue gas was high and the combustion state was stable, on the other hand, it was not remarkable in the facilities in which the water content was low and the combustion state was unstable.