

排ガス処理における高反応性消石灰の効用について

福岡市環境局

安永哲次 山内一弘 竹中英之

○大西輝彦 城後 茂 山下雄二

1. はじめに

日本のごみ排出量は、昭和40年代の高度成長時期や平成初期のバブル経済沸騰など社会情勢、経済情勢を背景に人口増加に伴うものとは別に急激に増加してきており、ごみ質に関しても紙類やプラスチック類等の高分子の割合増加によりごみカロリーが非常に高くなってきている。

近年、都市ごみの焼却処理については、地球温暖化現象やダイオキシン類をはじめとする環境ホルモン等の地球環境問題解決の観点から、より一層の環境負荷低減が求められており、排ガス、焼却灰、飛灰及び排灰においても新たに規制強化がなされている状況である。

このような中、既存プラント施設の運転については、現状の薬品等の性能及び使用量では規制遵守が非常に困難な状態になってきており、ランニングコスト増のみならず、機器設備の更新・新設等イニシャルコストが必要となる場合もあり、財政面も含めた打開策が早急に必要である。

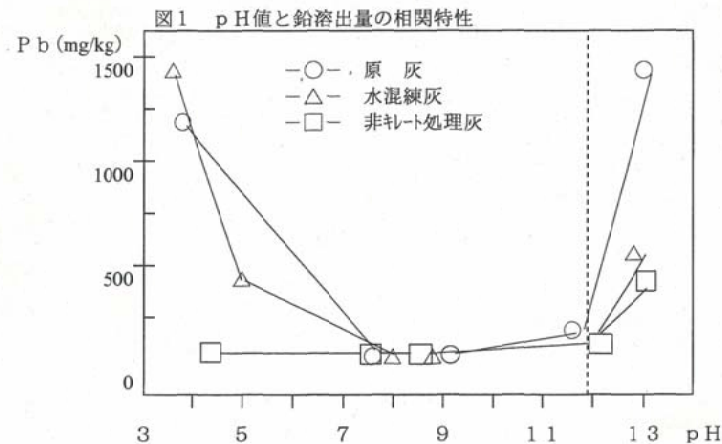
本報告は、流動床式焼却炉の乾式排ガス処理（酸性ガス除去）に薬品として使用する消石灰が造粒飛灰の重金属溶出（セメント固化法）に与える影響について検証したものである。

本市の東部第2工場は、平成2年7月に稼働開始した処理能力200t/日（1炉）の流動床式焼却プラント施設で、排ガス処理は電気集じん機の前段で消石灰を吹き込む乾式方式、飛灰の無害化処理はセメント固化方式を採用しており、造粒飛灰の無害化の確認である鉛溶出試験においても、鉛溶出量が基準値である0.3mg/l未満で過去推移してきていたが、最近、ごみ質の変化とガス冷却方式を水噴霧からボイラに変更したことに伴い増加傾向にあり、規制値の遵守が困難な状況で対策が急務となっている。

造粒飛灰の鉛溶出量増加の要因は、ごみ質変化により燃焼排ガス中のHClなど酸性ガス成分の濃度が高くなり、中和除去のため使用する消石灰粉末の吹き込み量が増加し、それに比例して未反応消石灰の量も増加する（消石灰粉末の吹き込み量が増加する別の理由として、ガス冷却設備を水噴霧方式からボイラ方式に変更したことにより排ガス中の水分が減少し、水分による酸性ガス吸収が少なくなり、酸性ガス濃度が高くなることと推測される）ため、造粒飛灰の塩基度が上昇し溶出液のpH値が高くなったことが考えられる。

鉛溶出抑制対策については、過去に造粒飛灰成形品の固化強度を向上させ鉛溶出を抑える目的でセメントの注入率変更、品質変更や自然乾燥時間延長等を試みているが、目に見えた効果は上がっていない。

本検証は、図1のpH値と鉛溶出量の相関特性¹⁾から造粒飛灰の溶出液のpH値を1.2以下にすることで鉛溶出量を著しく低減できる点に着目し、その具体的な方法として、高反応性消石灰の実証吹き込み試験を実施した。



2. 実証試験の概要

(1) 高反応性消石灰の物理特性

高反応性消石灰については、各メーカー独自の製造法により数種類製品化されており、さらに物性性能の向上が開発途上であるが、実証吹き込み試験に使用した高反応性消石灰は現時点で比表面積の物性が優れているO社のT製品とU社のK製品の2種類で、物理特性を従来使用の特号消石灰と比較して表1に示す。

表1. 高反応性消石灰とJIS特号消石灰の物性値比較

	T製品	K製品	特号消石灰	T/特号	K/特号
比表面積 (m ² /g)	35~40	32~37	15~16	2.2~2.7	2.0~2.4
50%平均粒度 (μm)	2.9	4.5	5.7	0.51	0.64
水分 (%)	0.4	0.35	0.5	0.80	0.70
付着性 (g/m ²)	8.3	—	13.8	0.61	—
流動性 (%)	38.5	40	23.5	1.64	1.70
静嵩比重 (g/cm ³)	0.26	0.32	0.45	0.57	0.71

乾式でのHCl等酸性ガス除去に関しては、酸性ガス成分とアルカリである消石灰の反応が基本的に消石灰の表面で起こる気固反応であることから表面積が重要な物性であり、高反応性消石灰は特号消石灰の2倍以上と大きく、吹き込み量の少量化が期待できる。また、付着性が低く流動性が高いため、配管中での詰まり防止など運転面でも有利性が期待できる。

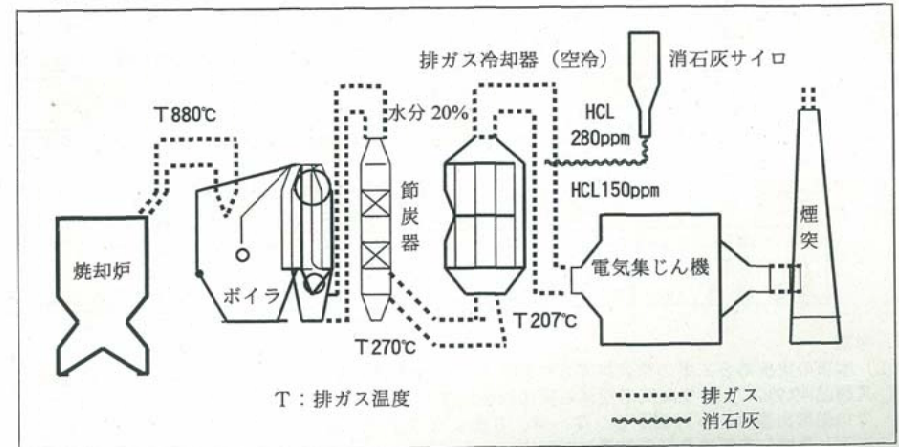
(2) 試験方法

2種類の高反応性消石灰（T製品、K製品）を各々4週間の期間、特号消石灰に替えて吹き込み、使用量原単位（ごみt）、pH値、鉛溶出量等のデータ比較をした。

使用量原単位（ごみt）については、特号消石灰と比較して高反応性消石灰の比重が貯留槽の残量レベルにより変動し、比重換算している電算のデータでは誤差が大きく生じるため、搬入量を使用量とした。また、HCl濃度の運転管理値は150ppmとした。

鉛溶出試験については、1週3回灰ビットでサンプリングを行い、各々12データを確保し、試験結果の信頼性を高めた。図2に焼却処理フローを示す。

図2 東部第2工場焼却処理フロー（排ガス系統）



(a) 比較項目

焼却原単位、造粒灰pH、造粒灰鉛溶出量、既設設備に及ぼす影響の比較検討を行った。

(b) 試験期間

試験項目	期間	備考
J I S 特号消石灰比較試験期間	9月1日～9月24日	
J I S 特号消石灰残存影響期間	9月25日～10月6日	試験データより削除
T製品比較試験期間	10月7日～10月19日	
T製品残存影響期間	10月20日～11月12日	試験データより削除
K製品比較試験期間	11月13日～11月25日	

3. 試験結果

(1) J I S 特号消石灰 平成11年 9月 1日から 9月24日まで

項目	焼却量 t	消石灰使用量 (購入量)kg	焼却原単位 kg/t	造粒灰 pH	造粒灰鉛溶出量 鉛溶出量mg/l
合計	4,761.38	93,590	19.66	—	—
最大	205.57	10,690	—	12.7	0.38
平均	198.39	10,399	—	12.5	0.25
最小	180.45	10,220	—	12.2	0.08

pH値が平均12.5と高く、図1の特性通り鉛溶出量も平均0.25mg/lと多い。

(2) 高反応性消石灰T製品 平成11年10月 7日から10月19日まで

項目	焼却量 t	消石灰使用量 (購入量)kg	焼却原単位 kg/t	造粒灰 pH	造粒灰鉛溶出量 鉛溶出量mg/l
合計	2,298.72	21,360	9.29	—	—
最大	213.65	7,180	—	11.9	0.02
平均	178.82	7,120	—	11.6	0.02
最小	60.58	7,060	—	11.3	<0.01

pH値が12.0以下となり、図1の特性通り鉛溶出量が激減している。

(3) 高反応性消石灰K製品 平成11年11月13日から11月25日まで

項目	焼却量 t	消石灰使用量 (購入量)kg	焼却原単位 kg/t	造粒灰 pH	造粒灰鉛溶出量 鉛溶出量mg/l
合計	2,788.27	27,360	9.81	—	—
最大	220.44	9,300	—	11.9	0.03
平均	214.48	9,120	—	11.8	0.02
最小	210.20	8,940	—	11.6	<0.01

pH値が12.0以下となり、図1の特性通り鉛溶出量が激減している。

(4) 実証試験データ集計表 ※数値は12データ平均値

	特号消石灰 (Kg)	T製品 (Kg)	K製品 (Kg)
消石灰原単位 (ごみ t)	19.66	9.29	9.81
pH値	12.5	11.6	11.8
鉛溶出量 (mg/l)	0.25	0.02	0.02

4. 考察

- (1) 本市の東部第2工場の燃焼排ガスに対する消石灰使用量は、特号消石灰の1/2以下(T製品:47.3%, K製品:49.9%)となり高反応性消石灰の物性性能から期待していた量となった。造粒飛灰の鉛溶出試験での鉛溶出量は、pH値が0.7~0.9低くなり12未満となったため、図1の相関特性通り1/10以下と急減し非常に良好な結果になった。
- (2) 造粒飛灰の発生量へ与える影響は、未反応消石灰を定量的に把握するのが不可能であるため数値的に検証できないが、pH値の低下から飛灰に混入する未反応消石灰の量は確実に減少していると推定でき、造粒飛灰の総量も比例して減少するが、飛灰発生率の変動要素もあり定量把握は困難であった。

(3) 既設設備に及ぼす影響

(a) 受け入れ設備

高反応性消石灰の輸送は、J I S特号消石灰と同じ加圧式タンク車を使用し、支障なく受け入れることが確認できた。ただし受入時、消石灰サイロバグフィルターが一時的に目詰まりを起し、サイロ内が加圧され、通常の切出量以上の消石灰が吹き込まれるため、バグフィルター装置に短時間周期の払い落とし機能等の追加が必要である。

(b) 貯留設備

本市東部第2工場の場合、容量40m³の長方形サイロに貯留するが、高反応性消石灰は見掛比重が約0.3とJ I S特号消石灰の約0.5に比べて軽く、残量が少なくなってくると空隙(ラットホール)が発生しやすくなるため、サイロ底部のパブリック装置の増設やハンマリング装置またはバイブレーターの設置が必要である。

- (4) 最終処分場に及ぼす影響は、造粒飛灰の発生総量減による埋立負荷の軽減と消石灰のCa分減による埋立場排水処理配管のスケール閉塞の緩和等が考えられ、好影響が見込める。

5. まとめ

本市の東部第2工場でのこれまでの造粒飛灰の鉛溶出抑制対策の経緯と高反応性消石灰の効用について下記にまとめる。

過去の造粒飛灰の鉛溶出抑制対策としては、セメント注入率の変更(6%→10%)、セメントの品質変更(普通ポルトランドセメント→早強ポルトランドセメント)、造粒飛灰乾燥時間延長(12時間乾燥→18時間乾燥)等を試み造粒飛灰の固化強度を図ったが、鉛溶出量に変化なく、逆に造粒装置の維持管理に不都合が生じ、有効な対策とはならなかった。現在はセメント注入率6%、普通ポルトランドセメント使用、12時間乾燥としている。

次に今回の実証試験を行った高反応性消石灰使用のメリット、デメリットは、

- (1) 使用量が1/2以下になるため、特号消石灰と高反応性消石灰の単価差を考慮してもランニングコストの減が可能である。また、全国的に高反応性消石灰の需要が多くなり出荷量が増加すれば、単価も廉価になることが予想され、コスト減が拡大されてくる。
- (2) 造粒飛灰の総量が減少することから、埋立負荷軽減になる。また、灰運搬量減によるランニングコスト減も見込める。
- (3) 設備ハンドリングでの故障減(配管詰まり等)により、プラントの安定運転がこの面からもさらに高まり、より一層の環境負荷低減ができる。
- (4) 消石灰サイロの残量計測に難点があり、搬入管理に細心の注意が必要である。また、現時点では製造元の所在により長距離運搬等が強いられ特定時期(盆・年末年始等)の搬入が困難になる場合があり、消石灰サイロの容量の再検討が必要である。ただし、高反応消石灰の出荷量が増加するに従って運搬中継基地等の整備も進むと予想され、将来的には解消されると考えられる。
- (5) 現在の消石灰ランニングコストでEP前のHCL濃度の低減が可能なことから、さらなる環境負荷低減のための規制強化にもイニシャルコスト不要で十分対応が可能であり、また、HCL濃度を集じん装置の前段でさらに低減することは、ダイオキシン類の生成抑制にも効果があると考えられる。

最後に、「より良い環境の創造と次世代への継承」は私達人間の共通の願いで、これを実現していくために今を生きる私達全員に環境負荷低減への取り組みが強く求められています。本紙面を借りて福岡市の取り組みの一端を紹介させていただきましたが、各方面での新たな取り組みの糧になればと思います。

〈参考文献〉 第18回全国都市清掃研究発表会講演論文集(1997.1)
「焼却飛灰の水混練に伴う鉛の不溶化現象について」