



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ごみ焼却施設におけるリン酸化合物噴霧によるバグフィルター差圧低減の現象解明に関する研究〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	高橋, 滋敏
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12770号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65303
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Shigetoshi_Takahashi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 高橋 滋敏

学 位 論 文 題 名

ごみ焼却施設におけるリン酸化合物噴霧によるバグフィルター差圧低減の現象解明に関する研究
(Study on reduction mechanism of pressure drop at a bag filter by spraying phosphate compounds in
municipal solid waste incinerator)

現在、我が国では家庭から排出される一般廃棄物は焼却によって衛生的に処理されている。近年では、廃棄焼却処理施設は、単に廃棄物を処理する役割のみならず、焼却によって発生した高温の排ガスからの熱回収を行うエネルギープラントの役割も担うようになってきた。このような状況に加え、国土の狭さに起因する埋立地の少なさ、新規埋立地の確保の困難さ、また新設の焼却炉が建設されている状況を考慮すると、焼却処理が今後も我が国の廃棄物処理方法の中心を担っていくといえる。しかし、廃棄物の焼却処理は費用がかかるという欠点を有している。熱回収によるエネルギー回収量と運転にかかるエネルギー使用量を合計した正味のエネルギー量の観点から、焼却処理プロセスにおけるさまざまな損失を減らすことが重要である。

本研究では、廃棄物の焼却処理における排ガス処理プロセスの圧力損失に着目した。排ガス処理プロセスの圧力損失の中で最も多くの割合を占めるものは、バグフィルターを用いた集塵によるバグフィルター差圧である。バグフィルター差圧を低減させることにより、下流の誘引通風機の消費電力を抑制させることができ、廃棄物焼却処理におけるコストを直接削減できる。そこで、リン酸噴霧によってバグフィルター差圧が低減することに注目し、その現象解明を行った。

以下に各章の内容をまとめる。

第1章では、本論文の研究背景として、廃棄物の焼却処理の重要性と課題について述べるとともに、関連する既往の研究がほとんどないこと、そして研究目的と論文構成について述べた。

第2章では、バグフィルター差圧のリン酸噴霧による影響を調べるために、実際の産業廃棄物焼却処理施設の運転データを用い、短期的（噴霧時）と長期的（噴霧後の変化）な効果について解析を行った。短期的な効果としては、リン酸廃液噴霧開始直後からバグフィルター差圧が急激に低下し、その後は低い値で維持されることが明らかとなった。リン酸廃液噴霧時は必ずバグフィルター差圧が低下したことから、再現性のある現象であることもわかった。長期的な影響としては、噴霧終了後にバグフィルター差圧が上昇傾向を示すことが明らかとなった。特に初回噴霧後に、バグフィルター差圧の上昇が顕著であった。

第3章では、第2章でデータを入手した施設において実機試験を行い、リン酸廃液噴霧によるバグフィルター差圧低減現象の確認を行った。2度の試験を行い、ともにリン酸廃液噴霧時にバグフィルター差圧の低下と誘引通風機での消費電力の低下が同時に起こることを確認した。このことから、リン酸廃液噴霧が運転コスト削減につながるということが明らかとなった。また排出される集塵灰の回収、計量、物性分析を行った。集塵灰収支では、1度目ではリン酸廃液噴霧なしよりも、噴霧時で減少し、2度目では噴霧なしよりも噴霧時で増加するという反対の結果となった。これは、それぞれの実験時のろ布の使用期間が違ったことと、払い落しに用いられる圧縮空気（パルス）の圧力（パルス圧）が違ったことが原因と考えられる。1度目の実験はろ布の全数交換から4か月、2度目は8か月

であり、パルス圧も 1 度目が 0.35MPa、2 度目が 0.52MPa であった。集塵灰の排出量に差があったものの、リン酸廃液噴霧時にバグフィルター差圧は低下した。したがって、リン酸廃液によるバグフィルター差圧低減現象は、集塵灰の払い落とし量増加によるろ布上の集塵灰量の減少による効果と、集塵灰粒子の大粒径化による集塵灰層の通気性の向上による効果の両方によるものであると示唆された。

第 4 章では、第 3 章で明らかにできなかったバグフィルター差圧低下と払い落とし量の関係を明らかにするために、廃棄物焼却施設の排ガス処理システムを模擬したベンチスケール試験を行った。リン酸噴霧によってバグフィルター差圧が復帰する速度が遅くなることがわかった。これは集塵灰層の表面の性状が変化したことが原因である可能性が示された。また、複数のろ布を用いたため、それぞれのろ布で集塵と払い落としに差が生じることが明らかとなった。

第 5 章では、排ガス処理システムを模擬したラボスケールの装置にろ布を 1 本だけ設置し、集塵を行う実験を行った。液体のリン酸と粉体のリン酸カルシウムを用いることにより、リン酸化合物の形態によるバグフィルター差圧低減効果の差異について調べた。集塵灰量と集塵灰中のリン濃度分析から、集塵灰中のリン濃度が増加するほど集塵灰の通気性が向上し、その効果はリン酸化合物の形態によらないことが明らかとなった。また、集塵灰の物性分析より、リン酸と飛灰中のカルシウムが反応すること、集塵灰が大粒径化することがわかった。集塵灰層の表面分析から、リン酸噴霧なしと比べて、リン酸噴霧時にはろ布上の集塵灰層が不均一な表面性状となる(凹凸が多い)ことを明らかにした。以上の結果から、リン酸噴霧時のバグフィルター差圧低下現象のメカニズムの一つは、リン酸によって通気性の良い集塵灰層が形成されるであることがわかった。

第 6 章では、第 5 章と同じ装置を用い、バグフィルター差圧低下に関し、リン酸噴霧による払い落としへの影響、ろ布に捕集されずに排出される非集塵灰量の変化について調べた。また、リン酸化合物の別の効果として、重金属類 (Pb と Cd) の溶出抑制効果とリン酸化合物と塩化物(塩化カルシウムと塩化ナトリウム)の反応による塩化水素の発生について調べた。その結果、リン酸噴霧は払い落としには影響を与えないことがわかった。つまり、払い落とし量の増加がバグフィルター差圧低下の直接的原因ではないことが示された。一方で、リン酸噴霧時に飛灰に対するリン割合を増すほど非集塵灰量が増加した。この結果は、リン酸噴霧によるバグフィルター差圧低減現象について、非集塵灰の増加によるろ布への集塵灰負荷の低下も要因の一つであることを意味する。Pb、Cd の溶出については、リン酸化合物の添加により飛灰の pH が変化したことが影響した。Pb は両性元素であるため、リン酸化合物の添加量によって溶出は増減した。飛灰に対して 10w% の添加率では、リン酸では pH が酸性となるため埋立基準を満足できないが、添加なしよりは低い溶出量であった。第一リン酸カルシウムでは pH が中性付近であり、溶出量も埋立基準を満足するものであった。したがって、Pb の溶出抑制効果があることがわかった。Cd については、添加率 10wt% ではどちらも溶出量が増加した。しかし、1wt% と 3wt% では溶出しなかったため、リン酸化合物の添加率が重要であることがわかった。塩化物とリン酸化合物の反応では、消石灰がなければ、塩化水素が必ず発生することがわかった。特に、塩化カルシウムとリン酸との反応は顕著で、試料中の塩素が全て塩化水素となった。一方で、消石灰が共存していれば、その放出を抑制できた。

以上の結果から、リン酸噴霧によるバグフィルター差圧低減現象は、非集塵灰の増加によるろ布への集塵灰の負荷低減と、飛灰の大粒径化に伴う集塵灰層の通気性の向上の相乗効果によることが明らかとなった。