

課題名：【1-1907】排熱で運用可能な高効率連続再生式 PM2.5 除去装置の開発

実施期間：2019～2021 年度

研究代表者：山本剛

所属：九州大学

重点課題 主：【重点課題 ③】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用

副：【重点課題 ⑮】大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究

本研究のキーワード： PM2.5, 付着力, 流動層, 連続再生, 低温燃焼, カリウム, 水蒸気

■研究の背景と目的

PM(Particulate matter)の一次粒子は、主に発電施設やディーゼル機関等の燃焼に伴い生成される微小径の煤塵であり、近年の燃焼技術の向上に伴い微小化し、粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の $\text{PM}_{2.5}$ が増えています。PM は粒径が小さいほど人体の奥深くに入り込むため、呼吸器系・循環器系疾患を引き起こし、世界中で毎年数百万の人々が早死にしています。しかし、既存の装置では $\text{PM}_{2.5}$ の高効率捕集が難しいため、新たな装置の開発が必要です。

微小粒子の集合体として定義される粉体では、粒子間が接近した時、粒子間にファンデルワールス力等の付着力が働き、粒径が小さいほど支配的になります。そこで研究代表者らは、付着力が働く流動層を PM 除去装置に適用し、 $\text{PM}_{2.5}$ の高効率捕集に成功しました。また燃焼機関から排出される PM は、すす等の可燃分が大半を占めることから、PM の捕集と燃焼を同時に行えば半永久的に使用できます(連続再生)。既存の装置では PM の燃焼に 600°C 程度の熱が必要ですが、これを 300°C 程度に下げることができれば排熱で処理可能となります。そこで本研究では、排熱で運用可能な高効率連続再生式 $\text{PM}_{2.5}$ 除去装置の開発を目指します。

■研究の内容

研究代表者らは、これまで流動層の低温燃焼特性を利用することで、 400°C において連続再生を可能としました。本研究では、連続再生温度を排熱程度の 300°C まで低下させるため、水蒸気の低温燃焼促進効果およびカリウムの触媒効果を利用して実験を行います。また、実用化を踏まえてスケールアップデータを取得するとともに、ディーゼルを用いた実証試験を行います。さらに、フィジビリティスタディを実施し、汚染の改善を含めた環境面、経済面における本システムの優位性等を示すとともに、これらの概念データに基づき装置の詳細図を設計します。

■研究成果及び環境政策等への貢献

水蒸気の下では、数百度という温度においてもカルボキシル基等が生成されて選択的に CO_2 を生成するため、水蒸気により PM の燃焼が促進されて連続再生温度が 20°C 低下しました。カリウム (K_2CO_3) を流動媒体に触媒担持して実験を行ったところ、水蒸気と同様に CO_2 を選択的に生成しました。これは、カリウムが周期的に K_2CO_3 , K_2O , K_2O_2 に変換しながら CO_2 を生成する反応が支配的であることを示唆しており、結果として連続再生温度が 50°C 低下しました。また、水蒸気とカリウムの相乗効果を調査した結果、連続再生温度は 330°C となり、さらに表面の粗い流動媒体を用いてカリウム担持量を増やした結果、 300°C で連続再生が可能となりました。スケールアップ装置やディーゼルを用いた実験では、本装置の優れたスケールアップ特性および実機への適用可能性を示しました。さらに、フィジビリティスタディでは、運搬や設置を考慮した詳細な製作図を設計するとともに、コスト削減への道筋を示しました。

本研究の成果により、効率的な捕集が難しい $\text{PM}_{2.5}$ の高効率捕集ができるようになるとともに、低コストで PM の捕集と燃焼を同時に行う連続再生式の運用ができるようになります。 $\text{PM}_{2.5}$ は世界的な環境問題であり、様々な国、地域において、これまでよりも PM 除去装置の設置が容易になり、環境政策の推進に大きく貢献することが期待できます。