

## 自己評価報告書

平成 23 年 5 月 6 日現在

機関番号：12605

研究種目：新学術領域研究

研究期間：2008～2012

課題番号：20120004

研究課題名（和文） 人為発生源におけるエアロゾルの生成と排出同定

研究課題名（英文） Aerosol formation in anthropogenic sources and characterization of source profile

研究代表者

神谷 秀博 (KAMIYA HIDEHIRO)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：20183783

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス工学・化工物性・移動操作・単位操作

キーワード：浮遊性粒子状物質、PM2.5、バーチャルインパクト、ナノ粒子、希釈器、固定発生源、燃焼排ガス

## 1. 研究計画の概要

人為的発生源の中で、エアロゾル排出特性に関する研究が極めて少ない工場、廃棄物処理場、発電所等の固定発生源を対象に、発生源別のナノからマイクロまで無機成分のスペシエーションも含めた粒子生成及び環境中への排出機構の解明を行う。燃料組成、燃焼条件、排出防止設備のレベル等によりエアロゾルの発生、環境中への放散機構が著しく異なるため、化石燃料、バイオマス、廃棄物等の燃焼システムを対象に、様々な汚染物質除去レベルを想定して大気中への放散状態、その機構を解明する。固定発生源からのエアロゾル排出機構は、第一に、煙道中までの過程で粒子化し集じん装置を通過して排出される粒子で大きさが  $2.5\mu\text{m}$  以下の PM2.5、第二に、煙突から大気放散時に凝縮してナノ粒子化する凝縮性粒子がある。各機構での粒子の生成・放散量、排出時の形態解析が可能で ISO など国際標準法となり得る計測システムを構築する。PM2.5/PM10 の計測法は、バーチャルインパクトを用いた方法をウイーン大学の Szymanski 教授と共同開発する。

第二の排出機構である凝縮性ナノ粒子の計測法は、大気放散状態を模擬する希釈器の設計と希釈条件の確立が重要な課題となる。凝縮性粒子用には ISO 化が検討されており、候補となる米国 ASTM が検討している構造と、カナダ CANMET が提案している二種類の基本構造をもとに、詳細な流体力学計算等による構造設計を行う。実験室でカドミウム蒸気を含むモデル排ガスを用い、構造が異なる希釈器を用いても生成するナノ粒子の粒度分布がほぼ一致する希釈条件を求める。構築したシステムによ

り、大気汚染防止装置のレベルが異なる東アジアの状況に対応した実験室でのモデル排ガスから試験炉、パイロット、商用機まで規模の異なる燃焼設備の排ガスを用い、エアロゾル生成・排出状態を評価・解析する。また、湿式法により排ガス中の凝縮性成分を液中捕集し、ICP-MS により微量成分を分析して凝縮性 SPM の生成挙動との関係を検討する。以上の結果を、本新学術領域研究の自然界由来の排出データ等と組み合わせ大規模解析を実施し、植物、健康への影響を評価・解析することで、発生源と受容域との関係を定量的に求め、人為発生源での排出量抑制、規制値策定等の科学的根拠の構築を最終的な目的とする。

## 2. 研究の進捗状況

## (1) PM2.5/PM10 計測法

設計試作した二段バーチャルインパクトによる計測法を用い、実験室での JIS 標準粉体等から生成したモデル排ガス等により、煙道分離性能の詳細な評価・分析等を行い、国際標準法としての基礎技術基盤を固めた。研究代表者がコンビナーを務める ISO TC146/SC1/WG20 で ISO 原案 (DIS) を作成し、本 TC 正式参加国による投票が行われる段階に至った。

## (2) 凝縮性粒子の計測法の確立

希釈比、滞留時間など希釈条件を幅広く制御可能な構造の異なる二種類の希釈器が試作できた。凝縮性粒子の質量濃度測定法に関する ISO ドラフトで提案されている希釈比 20 倍以上、滞留時間 10 秒以上であれば、実験室レベルの重金属蒸気を含むモデル排ガスを用いシングルナノ域

を含む粒度範囲で個数濃度が安定なことを明らかにした。

### (3) 国内外の商用プラントでの計測

PM2.5/PM10 の計測は、国内の微粉炭燃焼試験炉、商用炉として循環流動層石炭燃焼炉、重油・LNG 混焼プラント、マレーシアの医療廃棄物焼却プラント、中国・杭州の石炭燃焼プラントで測定を行い、燃料種、国により排出条件が異なる条件で PM2.5/PM10 の排出濃度データを得た。測定の際には、ISO 化に必要な二台の装置による不確かさの評価等を行い、データの変動係数など今後の発生源と環境測定値との定量的関係の解析にも用いられる評価指標も実測した。

実験室で確立した希釈装置、希釈条件で、石炭燃焼試験炉、重油・LNG 混焼プラント排ガスで凝縮性 SPM 測定試験を実施した。重油・LNG 混焼排ガスではモデル排ガスと同様の結果となったが、石炭燃焼では希釈比、滞留時間を大きくしても生成ナノ粒子の粒度分布が一定にならなかった。

排ガス成分分析の結果、石炭燃焼ではハウ素など揮発性成分が他の燃焼排ガスに比べ多く、関連が推定された。また、PM2.5 についても化学成分分析を公募班との共同により実施した。

### 3. 現在までの達成度

#### ①当初の計画以上に進展している。

本研究スタート時の当初の計画では、最初の3年間で PM2.5/PM10 及び凝縮性粒子に関する二種類の測定法を確立し、実験室及び連携研究者の所有する微粉炭燃焼試験炉からの排ガスによる計測と測定法の妥当性検証が目的であって、ISO 化などの標準化まで目標を設定していなかった。しかし、PM2.5/PM10 の標準的な計測法としてバーチャルインパクト法がその測定精度の高さで国際的にも認められ、ISO 化があと一步の段階まで到達している。また、希釈器についても北米が提案している二種類の構造について詳細な流体力学解析を行い、北米の研究機関とも協力して ISO 策定に貢献するレベルに達している。国際的にも認知される手法が当初の2年間でほぼ確立できたこと、東南アジアを含む東アジア域での PM2.5 の計測に対する関心の高まりを受けて、国内外の石炭、重油・LNG 混焼、廃棄物燃焼の商用炉を含む計測に3年目で着手でき、燃料種、排ガスの処理レベルによる排出挙動評価が1年以上前倒して実施でき、東アジア域での国際連携、共同研究も実施体制が確立できた。

### 4. 今後の研究の推進方策

本領域全体の課題として、東アジアの越境汚染の主な発生源と考えられる中

国研究者との共同研究・国際交流と連携の強化、領域内の研究グループとの有機的連携、特にソース・レセプター関係の解明に必要な得られた発生源データの効果的な活用が可能となるデータの蓄積、ISO 化と併せ、国際的に評価の高いジャーナルへの論文発表による国際的なプレゼンスの向上を促進する。

### 5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計7件)

- ① Naim, M.N., Kamiya, H. (4番目), 他3名, Electrostatic deposition of aerosols generated from an aqueous nanopowder suspension on a chemically treated substrate, Japanese J. Appl. Phys. 49, 06GH17 (6 pages) 2010, 査読有
- ② 神谷秀博, PM2.5/PM10 の背景と現状、排出挙動の評価法とその標準化、航空環境研究, No. 14, 15-20, 2010, 査読無
- ③ 神谷秀博, 飯島志行, ナノ粒子の実用化動向と安全な利用、クリーンテクノロジー, 20 (2), 42-45, 2010, 査読無
- ④ 和田匡司 (1番目), 神谷秀博 (9番目), 他7名, 固定発生源煙道内 PM10/PM2.5 質量濃度測定用 multi-stage VIS impactor の分級特性, 粉体工学会誌, 46, 467-475, 2009, 査読有

[学会発表] (計17件)

- ① Wada, M., Tsukada, M., Noda, N., Makino, H., Kanaoka, C., Kamiya, H. and Szymanski W.W., Evaluation of VIS impactor for PM10/PM2.5 mass concentration measurement using flue gas of coal combustion, International Aerosol Conference, Sep.2, 2010, University of Helsinki, Finland
- ② 関澤知哉, 羽田健太郎, 塚田まゆみ, W. Lenggoro, 神谷秀博, 廃棄物燃焼モデル排ガスを用いた凝縮性浮遊粒子状物質の生成挙動に及ぼす希釈条件の影響, 第27回エアロゾル科学・技術討論会, 2010年8月3日, 名古屋大学 (愛知)
- ③ 並木則和, 澤地昭人, 和田匡司, 塚田まゆみ, 神谷秀博, W.W. Szymanski, 単分散粒子を用いた PM10/PM2.5 質量濃度測定用バーチャルインパクトの分級性能評価, 第27回エアロゾル科学・技術討論会, 2010年8月3日, 名古屋大学 (愛知)

[図書] (計1件)

- ① 神谷秀博, 「究極のエネルギーと環境調和」内藤牧男, 牧野尚夫編著, 日刊工業新聞社, p. 68-76, 2010

[その他]

<http://www.tuat.ac.jp/~aerosol/>