

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：84410

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12375

研究課題名（和文）微小かつ低濃度のばい煙に対応したダストモニタの性能評価手法の開発

研究課題名（英文）Development of a method for evaluating the performance of dust monitors for low-concentration flue gas

研究代表者

和田 匡司（Masashi, Wada）

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所（環境研究部、食と農の研究部及び水産研究部）・その他部
局等・主任研究員

研究者番号：00413766

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ダストモニタの高度監視性能（微小かつ低濃度のばい煙に対する性能）を評価する手法を構築し、主要な検出法（光散乱式、光透過式、摩擦静電気式）ごとにその性能を明らかにすることを目的とした。具体的には、既存のダストモニタの性能評価装置を改良し、「濃度影響」「流速影響」「ダスト堆積影響」「ダストの物性影響」の項目について直線性や感度への影響を評価可能な手法を開発した。さらに、その手法を用いて国内に流通するダストモニタについて性能評価試験を行うことで、主要な検出方式ごとに濃度影響、流速影響、ダストの物性影響について評価し、それぞれの特性を明らかとした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ダストモニタの品質保証の規格化を加速させ、ばい煙濃度を低濃度まで確実に計測するためのダストモニタの評価基準が明確になる。自主管理精度の向上に資するだけでなく、公害防止のための測定器として周知でき、市場の拡大が期待できる。また、ダストモニタの評価基準の策定と普及は、連続的かつ高度にばい煙排出の厳格な監視・抑制を可能にし、ひいては我が国の大気環境保全並びに国民の健康保護に寄与することになる。

研究成果の概要（英文）：In this study, the objective was to develop a method to evaluate the monitoring performance of dust monitors (performance for small amounts and low concentrations of flue gas) and to determine the performance for each major detection method (light scattering, light transmission, and friction electrostatics). Specifically, we improved the performance evaluation device of the dust monitor. We developed a method that can evaluate effects on linearity and sensitivity for "concentration," "flow velocity," "dust deposition," and "dust characteristics." Furthermore, by conducting dust monitor performance evaluation tests using the method, we evaluated the effects of "concentration," "flow velocity," and "dust properties" for each of the major detection methods and clarified the characteristics of each.

研究分野：工学

キーワード：発生源対策 ダストモニタ ばい煙 性能評価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大気汚染防止法に基づく排出規制により、ばい煙処理の技術は格段に向上し大気環境は改善されてきたが、固定発生源から排出されるばいじんが微小化、低濃度化しており、その適正な把握に対する社会的要請が高まっている。そのような中、排出基準の遵守状況を把握する公定法(日本では紙上に捕集して質量濃度を算出する重量法のみが認められる)には課題がある。捕集量が十分確保できず測定が困難であること、連続監視ができず集じん機の異常等で大量のばい煙が大気中に放出される予兆などを察知して対策するためのデータを供与することができない、技術者不足に直面していることなどである。

一方、ダストモニタは、ばい煙の状況や集じん装置の稼働状況確認のため補助的に用いられている計器である。能力的には、低濃度から検知でき、連続モニタリングが可能なため、上記現行法の持つ課題の解決が期待できる。欧州では公定のモニタリングシステムとして積極的に導入されているが、日本では、未だ排出規制のための公定法には取り入れられていない。その一因はダストモニタの性能を適正に評価するための評価手法が未整備であること、信頼性を確保する科学的根拠が不足していることにある。

2. 研究の目的

ダストモニタの高度監視性能(微小かつ低濃度のばい煙に対する性能)を評価する手法を構築し、主要な検出法(光散乱式、光透過式、静電気検出式)ごとにその性能を比較することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 評価手法の開発

はじめに、既存設備を改良することによる試験ダクト設備の整備を行った。低濃度ばい煙での測定を実現するには、より高度な気流安定性、濃度安定性(時間的、場所的な変動がない)の確保が必要になる。適宜、流体解析や煙道試験で検証して試作し、整流部・攪拌部を重点的に整備した。また、微量供給制御できる最適なばい煙発生機構を構築した。さらに、評価測定部を光散乱式・光透過式・静電気検出方検出式のいずれのダストモニタの評価にも対応できる構造に改良した。特に、光透過式では、十分な光路長を確保する必要があるため、反射鏡を活用した構造に変更し、新たに設計した評価測定部を既存のパートと組み替えて使用できるようにした。以上の整備が整った試験ダクト設備を用いて、ダストモニタの高度監視性能を評価するための手法を検討した。

(2) 検出機構別検出特性の比較

提案した手法を用いて、主要な検出機構別(光散乱式、光透過式、静電気検出式)に高度監視性能の評価、検出特性の比較を試みた。評価実施項目としては、測定濃度範囲(高濃度から順に一定時間中の指示値と手分析結果との比較を行い、検出限界の濃度まで測定することで評価)、測定粒子径範囲(供給粉体の粒子径分布を調整および分級して発生させたばい煙により評価)、測定粒子物性影響(供給粉体の種類を変更し発生させたばい煙により評価)を実施。機構による検出特性、ばい煙の流速、粒子の物性等による検出特性の比較を行った。

4. 研究成果

(1) 試験ダクト設備の概要

本課題で整備した試験ダクトの概略図を図 1 に示す。なお、試験ダクトの整備に関しては、適宜、学会発表、論文投稿により公表した。送風機を用いて外気を吸引し、流速を一定に保った気流を水平方向に流す形式である。ダクト上流のダストフィーダ(アルファ株:ダストディパーチャ)からダストを導入して模擬排ガスを発生させることで、ダストモニタと重量法による手動測定の並行測定を行うことができる。ダストフィーダはブリッジ破壊式で、金網上のブリッジを回転板により連続的に破壊することで粉体を微量で安定供給できる機構とし、回転数により制御している。送風機のインバータ制御により流速を、ダストフィーダの制御により、ダスト濃度を任意に調整できる。また、使用する粉体を変更することで様々な物性のダストによる試験ができる。試験ダクト設備の性能については、気流安定性、ダスト濃度安定性、発生ダストの性状等、評価試験の精度に影響する項目について測定し、十分な精度をもってダストモニタの評価が可能であることを確認した。(詳細は和田,粉体工学会誌,2023 を参照)

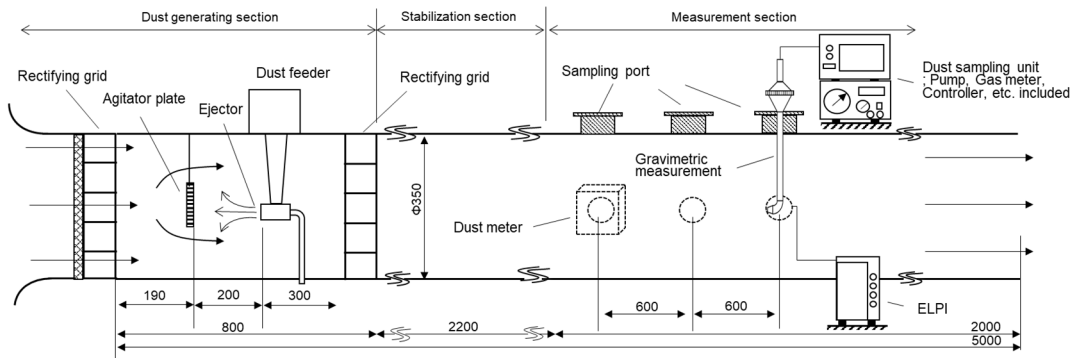


図1 整備した試験ダクト設備 (和田,粉体工学会誌,2023)

(2) 評価手法の提案

整備した試験ダクト設備を用いてダストモニタの性能評価する手法を検討した。市販されるダストモニタを用いて実際に試験を実施し、ダストモニタの性能である重量測定値との直線性と感度について、模擬排ガス中のダスト濃度を、公定法である JIS Z 8808 (排ガス中のダスト濃度の連続測定方法) に準じた重量法とダストモニタにより測定し、得られた分析値と指示値のデータ統計処理を行い、校正曲線を求め、感度比 S と相関係数 R により評価した。それらの「流速影響」「ダスト濃度依存性」「ダスト堆積影響」「物性による影響」を評価可能な手法を提案した。本手法は、環境省 ETV 実証事業においても採用された。

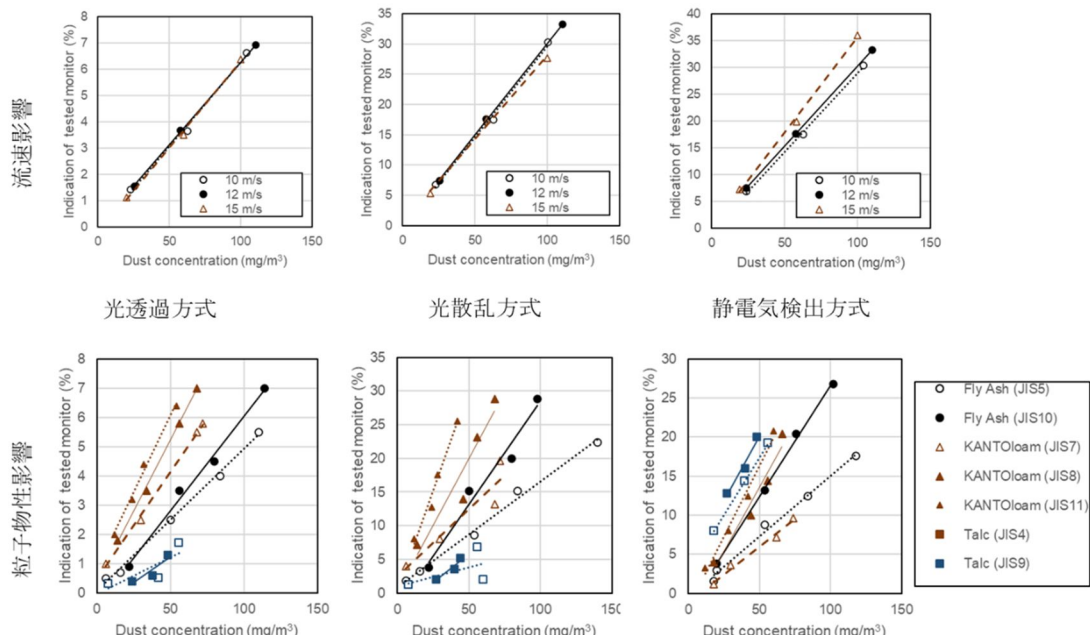
一方、手法検討の際に、ダストモニタのうち静電気検出式はダストの帯電による影響を受けるため、ダクト設備を用いた場合に正しい評価ができないという新しい知見が得られた。そこで、試験ダクト固有のダスト帯電特性を得て、評価の際に補正する手法を提案した。この問題は、国内外で実施される試験ダクトを用いた評価時には発生する現象であり、既に発行された JIS の評価試験法の運用上でも注意が必要であることを周知している。(Wada et al., Proceedings of The 11th International Conference on Research in Engineering, Science & Technology, 2021 を参照)

(3) 検出機構別検出特性の比較

光透過式、光散乱式、静電気検出式の市販ダストモニタについて、流速と粒子物性による検出特性への影響を比較した。(詳細については Wada et al., The 12th Asian Aerosol Conference (AAC), 2022; Wada et al., NAEM-22, 2022; 和田, 粉体工学会春季研究発表会, 2022 を参照) ここでは、結果の一部を紹介する。試験粒子は、物性の異なる 3 粒子について粒子径分布の異なる計 7 種類の粉体を使用した。

【流速影響特性】ダストモニタ計測値と重量法によるダスト濃度との相関性に対して流速が及ぼす影響を検討した。光透過式および光散乱式では、今回の試験範囲において流速の影響は見られなかった。一方、静電気検出式では、流速により感度が変化しても相関は保たれているものの、流速変動によって生じる感度変動に注意が必要であることが分かった(図2上)。

【粒子の物理的性質影響特性】ダストモニタ計測値と重量法によるダスト濃度との相関性に対して粒子の物性が及ぼす影響を検討した。いずれの式においても、粒子の物性の影響が見られた。同じ種類の粒子では、粒子径が小さいものほど感度が高くなる傾向が得られた。相関性の低さは扁平状の形状が影響し、感度の低さは白さが影響していると考えられた。一方、エレクトロダイナミック式では、タルクの方が感度は高い傾向が得られたが、これはタルクが帯電しやすいためと考えられた。(図2下)



おわりに

ダストモニタの性能特性を把握するため、試験ダクト設備を整備し、高度監視性能を評価するための手法を提案した。さらに、提案した手法により、主要 3 式ダストモニタの比較試験を試みた結果、流速や粒子物性による影響について、式ごとの傾向を得ることができた。今後は、特に影響を及ぼす因子を明確にするため、本手法を活用し、粉体の物理的特性を絞った測定や試験範囲を広げた詳細な検討を進め、科学的知見の蓄積をしていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 和田 匡司	4. 巻 60
2. 論文標題 試験ダクト設備を用いた煙道用ダスト計の性能評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 粉体工学会誌	6. 最初と最後の頁 212～218
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4164/sptj.60.212	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Wada Masashi、Tsuji Masashi、Averdieck William	4. 巻 7
2. 論文標題 Performance Evaluation Testing of Automated Concentration Monitoring Device of Dust in Flue Gas Using Test Duct	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Current Overview on Science and Technology Research	6. 最初と最後の頁 131～148
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.9734/bpi/costr/v7/3306C	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Masashi Wada, Masashi Tsuji, William Averdieck	4. 巻 -
2. 論文標題 JIS Performance Evaluation Testing for Automatic Dust Concentration Measuring Instrument: Effect of dust charge on measured value	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of The 11th International Conference on Research in Engineering, Science & Technology	6. 最初と最後の頁 123-135
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Wada Masashi、Tsuji Masashi、Kayahara Fujio、Averdieck William	4. 巻 333
2. 論文標題 Development of Test Equipment for the Performance Evaluation of a Dust Monitor Used in Soot and Smoke Generating Facilities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 12006～12006
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/mateconf/202133312006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Masashi Wada, Masashi Tsuji, Atsushi Harada
2. 発表標題 Comparison of dust detection characteristics of key dust monitors widely used in stationary sources
3. 学会等名 The 12th Asian Aerosol Conference (AAC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masashi Wada, Atushi Harada
2. 発表標題 Development of Stack Particulate Matter Simulator
3. 学会等名 International Conference on Research in Robotics and Automation Engineering (ICRRAE) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 第39回エアロゾル科学・技術研究討論会
2. 発表標題 煙道用ダストモニタのダスト検出特性の比較
3. 学会等名 和田匡司
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和田匡司
2. 発表標題 試験ダクト設備を用いた煙道用ダスト計の性能評価
3. 学会等名 粉体工学会春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masashi Wada, Masashi Tsuji, Atsushi Harada
2. 発表標題 The Effect Of Flow Velocity And Particle Propaties On The Electrostatic Detection Method For Measureing In-Stack Dust
3. 学会等名 In FEAST 3rd International Conference on New Applications & Developments in Agriculture, Biotechnology, Engineering, Manufacturing & Automation (NAEM-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masashi Wada, Masashi Tsuji
2. 発表標題 A dust sampler for simultaneous measurement of dust concentration and electric charging in flue gas of stationary sources
3. 学会等名 The 8th Asian Particle Technology Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田匡司, 原田敦史
2. 発表標題 ダクト内の気流を利用したダスト発生方法の検討
3. 学会等名 第38回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田匡司
2. 発表標題 ダストモニタ性能評価の為の試験ダクト設備のご紹介
3. 学会等名 (一社)日本粉体工業技術協会 集じん分科会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masashi Wada, Masashi Tsuji, Fujio Kayahara, William Averdieck
2. 発表標題 JIS Performance Evaluation Testing for Automatic Dust Concentration Measuring Instrument: Effect of dust charge on measured value
3. 学会等名 11th International Conference on Research in Engineering, Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masashi Wada, Masashi Tsuji, Fujio Kayahara, William Averdieck
2. 発表標題 Effect of dust charging on performance evaluation test of automatic dust concentration measuring instrument compliance with JIS
3. 学会等名 The 2nd International Academic Conference on Research in Engineering and Technology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和田匡司, 辻正資
2. 発表標題 ダストの帯電が静電気検出方式自動ダスト濃度測定器の指示値に及ぼす影響
3. 学会等名 第37回エアロゾル科学・技術研究 討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masashi WADA, Masashi TSUJI, Fujio KAYAHARA, William AVERDIECK
2. 発表標題 Development of Test Equipment for Performance Evaluation of Dust Monitor Used in Soot and Smoke Generating Facilities
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCCHE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田 匡司, 辻 正資
2. 発表標題 ばい煙用ダストモニタ測定値と JIS Z 8808 による分析 値との等価性評価方法の検討
3. 学会等名 第 60 回大気環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田 匡司, 辻 正資
2. 発表標題 ダストモニタ性能評価のための煙道試験装置の開発
3. 学会等名 第 36 回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

環境省ETV事業実証実施機関として、開発した試験ダクト設備を使って「エレクトロダイナミック方式ダストモニタ」の性能評価を行いました。
<https://www.knsk-osaka.jp/kankyo/info/doc/2020083100044/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	原田 敦史 (Harada Atsushi) (40612023)	日本文理大学・工学部・准教授 (37501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------