

ダストと排ガス成分の同時連続計測技術に関する基礎検討

○川崎 剛洋¹, 児玉 裕美², 柳瀬 育彦³, 杉本 幸代², 朝日 一平²

¹テクノ・サクセス(〒761-0113 香川県高松市屋島西町 2109 番地 8)

²四国総合研究所(〒761-0192 香川県高松市屋島西町 2109 番地 8)

³エネルギーサポート(〒484-8505 愛知県犬山市字上小針 1 番地)

Fundamental study on simultaneous and continuous measurement technique of Dust and Exhaust gas components

Takehiro KAWASAKI¹, Hiromi KODAMA², Yasuhiko YANASE³, Sachiyo SUGIMOTO², and Ippei ASAHI²

¹Techno Success, 2109-8 Yashima Nishi Machi, Takamatsu, Kagawa 761-0192

²Shikoku Research Institute, 2109-8 Yashima Nishi Machi, Takamatsu, Kagawa 761-0192

³Energy Support, 1 Kamikobari, Inuyama, Aichi, 484-8505

Abstract: We investigated simultaneous continuous measurement of dust and exhaust gas in flue gas using a single measurement system. Raman spectroscopy and ultraviolet absorption spectroscopy were applied to evaluate their applicability. In the measurement by Raman spectroscopy, it was confirmed that gas concentration can be calculated by correcting the scattering component due to dust overlapping the Raman scattering signal. In the measurement by ultraviolet absorption spectroscopy, it was confirmed that gas concentration can be calculated by estimating the influence of dust from the absorbance at the wavelength where absorption of the object molecule does not exist.

Key Words: Dust, Raman spectroscopy, Ultraviolet absorption spectroscopy, Optical scattering, Elastic scattering

1. 序 論

我が国では大気汚染防止法により、ばい煙発生施設に対する規制措置としてばい煙(硫黄酸化物、ダスト、窒素酸化物等の有害物質)の排出基準が設けられている。それらの施設を保有する事業所は排出基準の遵守、ならびに排出量の定期的な測定と記録が義務づけられている。

ダスト排出量の測定は、排ガス中のダストを採取して秤量しダスト重量濃度を測定する試料採取法と、ダスト粒子の光透過率や光散乱現象を利用しダストの相対濃度を連続的に求める連続計測法に大別される。前者は、大気汚染防止法で規定された測定法であり、後者はダスト濃度の連続監視や集塵装置の性能確認等に利用されているが、2018年1月に日本工業規格にて連続計測法に用いるダスト濃度自動計測器の性能評価方法に関する規格が制定され、今後ダスト濃度連続計測のデータが遵法管理状況のエビデンスとして認められていくことが予想される。

そこでダスト濃度連続計測装置の高付加価値製品開発に向けた、単一計測システムでのダストと排ガス成分の同時連続計測を目的とし、日本工業規格(JIS Z8852)で規定されているダスト濃度連続計測手法を基に、種々の排ガス成分を想定し、ラマン分光法、紫外吸収分光法、それぞれの手法を用いた計測の適用性評価を実施したので、その結果について報告する。

2. ラマン分光法による計測の適用性評価

2.1 実験装置構成

本実験では、弾性散乱(Rayleigh 散乱, Mie 散乱)光の取得により、その信号強度と相関関係にあるダスト濃度を計測し、非弾性散乱であるラマン散乱光の取得により、その信号強度と比例関係にあるガス濃度を計測する。実験装置の構成を Fig.1 に示す。

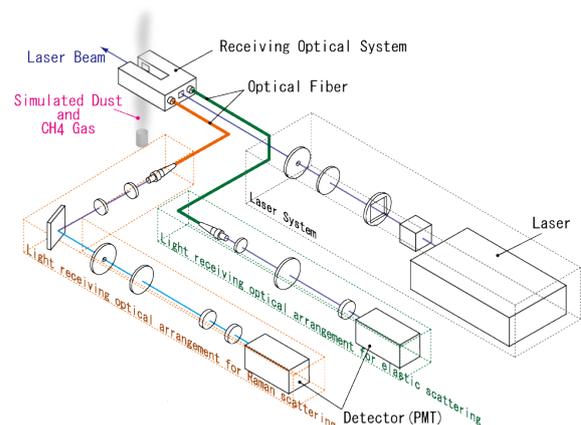


Fig.1. Simultaneous measurement of dust and gas by Raman spectroscopy experimental setup.

本実験では励起光源として DPSS レーザ(波長 355nm, パルスエネルギー 42μJ, パルス幅 1.3ns, 発振周波数 1kHz)を使用し、2種の散乱光を2つの計測部で同時且つ同一点で計測する受光光学系を構築した。受信した散乱光は光ファイバで伝送し、バンドパスフィルタ、エッジフィルタ等で目的の波長を選択した後、光電子増倍管(PMT)にて検出した。

試料ガスには CH₄(ラマン散乱波長 397.6nm)、ダストの模擬試料として線香の煙を使用し、受光光学系の計測点直下に設置したノズル(内径 φ 4.6mm)より混合させたガスとダストを供給し計測を行った。

2.2 適用性評価結果

Fig.2 はダストの影響確認のために取得した CH₄(50%, Balance gas N₂)のラマン散乱信号の時間プロファイルである。ダストの存在によって、検出されているガス濃度を示すラマン散乱光強度はダストの散乱光成分が重なり、本来の信号強度よりも大きくなる。

ダストの影響排除のため、ダストの散乱信号からラマン

散乱信号に重なる散乱成分を特定し、差分をとることで補正を行い、試料ガス濃度を特定する。計測結果を Fig.3 に示す。補正の結果、濃度 25%の CH₄を検出でき、ラマン散乱信号強度の補正結果とガス濃度が良好な線形の相関を示すことを確認した。

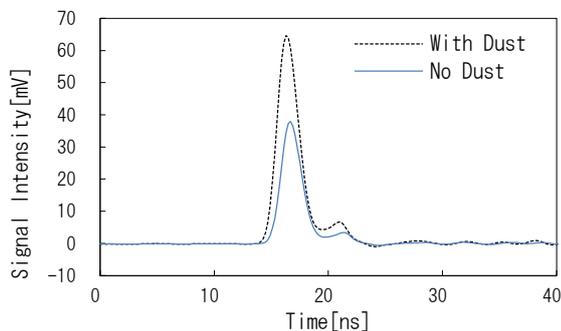


Fig.2. Influence of dust on the Raman Signal.

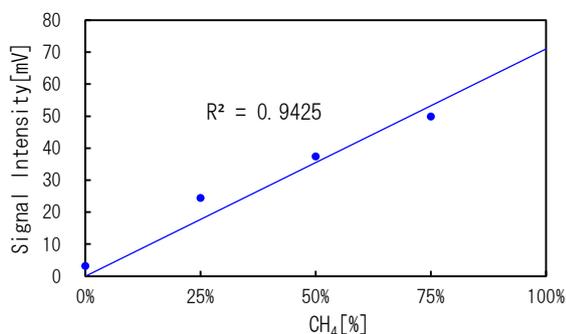


Fig.3. Results of CH₄ gas measurement corrected by dust influence.

3. 紫外吸収分光法による計測の適用性評価

3.1 実験装置構成

本実験では、ダストの遮光による紫外光の減衰量からダスト濃度を計測し、分光測定結果から得られる紫外吸収スペクトルから分子種を特定、その吸収度合いから分子種の濃度を計測する。実験装置の構成を Fig.4 に示す。

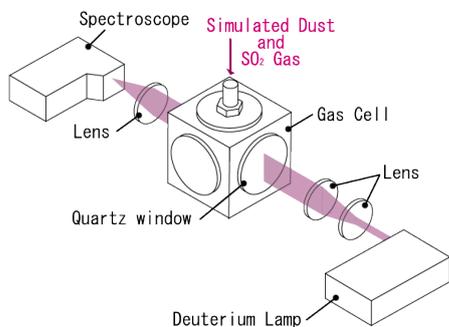


Fig.4. Simultaneous measurement of dust and gas by Ultraviolet absorption spectroscopy experimental setup.

光源に重水素ランプを使用、ガスセル内に試料ガスとダストを導入し、試料ガスによる吸収スペクトル、ならびにダストによる光の減衰を分光器で受光した。

試料ガスには SO₂、ダストの模擬試料として線香の煙を使用し計測を行った。

3.2 適用性評価結果

Fig.5 はダストの影響確認のために取得した紫外域の SO₂(100ppm, Balance gas N₂)吸収スペクトルである。ダストの散乱による紫外光の減衰が SO₂ 吸収スペクトルに重なり、計測スペクトル全体にわたって吸収として見られる。

ダストの影響排除のため、試料ガスの吸収の無い波長(340nm)の吸光度から、吸収が存在する波長(214nm)への影響(吸光度の増加分)を特定し、差分をとることで補正を行い、試料ガス濃度を特定する。計測結果を Fig.6 に示す。補正の結果、濃度 10ppm の SO₂を検出でき、補正した吸光度とガス濃度が良好な線形の相関を示すことを確認した。

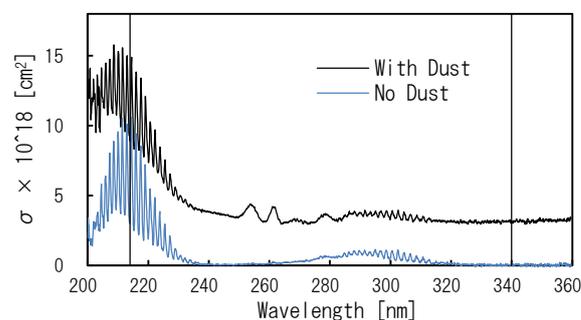


Fig.5. Influence of dust on the Ultraviolet absorption spectrum of SO₂.

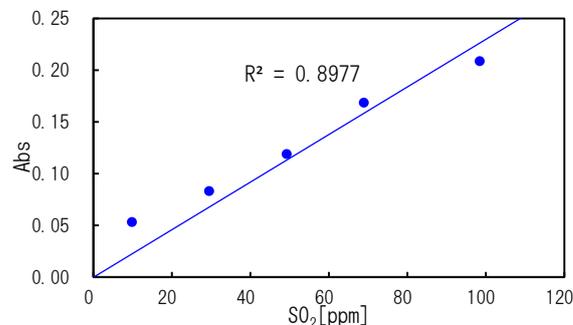


Fig.6. Results of SO₂ gas measurement corrected by dust influence.

4. まとめ

ダストと排ガス成分を単一の計測システムで同時に連続計測する技術の基礎検討として、ラマン分光法、紫外吸収分光法を用いた計測の適用性評価を実施した。何れの計測手法においても、ダストの影響分を特定して補正することによりガス濃度のみの検出が可能であることを示した。今後は定量的なダストの供給を可能とする制御装置を製作し、実計測に向けた検証を実施する予定である。

参考文献

- 1) 氷見 康二:「実用ばいじん測定」, 第 1 版, 社団法人日本熱エネルギー技術協会, pp.1-12 (1974)