

# 最先端レーザー応用技術を用いたプラント・環境計測

## Plant and Environmental Monitoring Techniques Using State-of-the-art Laser Diagnostics



出口 祥 啓<sup>\*1</sup>  
Yoshihiro Deguchi

山 浦 剛 俊<sup>\*2</sup>  
Taketoshi Yamaura

土 橋 晋 作<sup>\*3</sup>  
Shinsaku Dobashi

安 部 正 孝<sup>\*4</sup>  
Masataka Abe

猪 澤 祥 規<sup>\*5</sup>  
Yoshinori Izawa

### 1. はじめに

実用燃焼器やプラントの運転では、各種プロセスの計測値に基づいた制御による効率向上、環境負荷低減がなされている。近年、燃焼ガス中に存在するppt～ppbレベルの微量成分なども問題視されてきており、監視、制御に必要な高度モニタリング技術が強く求められている。従来、これらの計測には、長時間のサンプリング後、化学分析を行っていたため、計測結果を得るまでに時間を要していた。プラント監視・制御には、これら成分のオンライン計測が必要であり、このニーズに応える定量可能な手法の開発が急務となってきた。本論文では、実用燃焼器やプラントの環境監視、制御に必要なリアルタイム計測手法として、レーザー誘起ブレイクダウン法、波長可変半導体レーザー吸収法、レーザーイオン化飛行時間型質量分析法を取り上げ、工業界で使用されている実用燃焼器や各種プラントへの適用結果及びその有効性を報告する。

### 2. 最先端レーザー応用技術のプラント・環境計測への適用

レーザー誘起ブレイクダウン法では、計測場にレーザー光を集光し、計測対象をプラズマ化する。このとき、プラズマ中の物質は原子化され、各原子固有の波長の光を放射する。このプラズマ光を分光分析することで、その中に含まれる元素成分濃度を計測できる<sup>(1)</sup>。本技術は、リアルタイムで計測対象場の元素組成が計測可能であるため、プラント・環境モニタリングの他、廃棄物リサイクルの監視等、幅広い領域に適用が考えられる。試作装置例を図1に示す。化石燃料や廃棄物燃焼から排出される微量重金属<sup>(2)</sup>、石炭焚き火力発電プラントの灰中未燃分計測<sup>(3)</sup>など実プラントでのリアルタイム成分計測への応用が実証されている。

半導体レーザー吸収法では、レーザー光波長を分子、原



図1 レーザ誘起ブレイクダウン法試作装置 制御部と計測ヘッド部を分割し、実フィールドへの適用性を向上した。

子の赤外吸収波長に同調し、ガス中を透過させる。透過後のレーザー光吸収量を測定することにより、ガス中の温度、成分濃度を測定することが可能となる。半導体レーザー吸収法は、リアルタイム、オンライン計測が可能であり、装置が安価、kHz以上の高応答が可能なことより、各種プラントの制御用計測器として開発が進められている。一例として、ごみ焼却炉でのCO、O<sub>2</sub>計測及びレーザー計測値を用いた焼却炉制御結果を図2に示す<sup>(1)</sup>。O<sub>2</sub>濃度変動の比較にて、レーザー計測ではほぼ瞬時的に計測可能で、バグフィルタ出口計測に比べ約2～3分早く炉内の変動が検知可能となる。レーザー計測結果を用いた二次空気配分制御では、レーザー計測CO濃度のピーク数が減少すると共に、バグフィルタ出口計測CO濃度も11.9 ppmから8.0 ppmへと低減しており、二次燃焼が促進されたことが確認できた。

レーザーイオン化飛行時間型質量分析法では、測定ガスを真空チャンバー中に導入し、レーザー光を用いて測定対象成分を選択的にイオン化させる。生成されたイオンに電界を掛け、イオン検出器で検出されるまでの飛行時間、信号強度を用いて成分濃度を測定する<sup>(4)</sup>。レーザーイオン化飛行時間型質量分析法は、ppt (10<sup>-12</sup>)

<sup>\*1</sup> 技術本部先進技術研究センター応用物理グループ主席 工博

<sup>\*2</sup> 技術本部長崎研究所応用物理研究室

<sup>\*3</sup> 技術本部長崎研究所第一実験課物理チーム

<sup>\*4</sup> 技術本部横浜研究所環境装置研究推進室

<sup>\*5</sup> 長崎造船所火力プラント設計部計装電気課

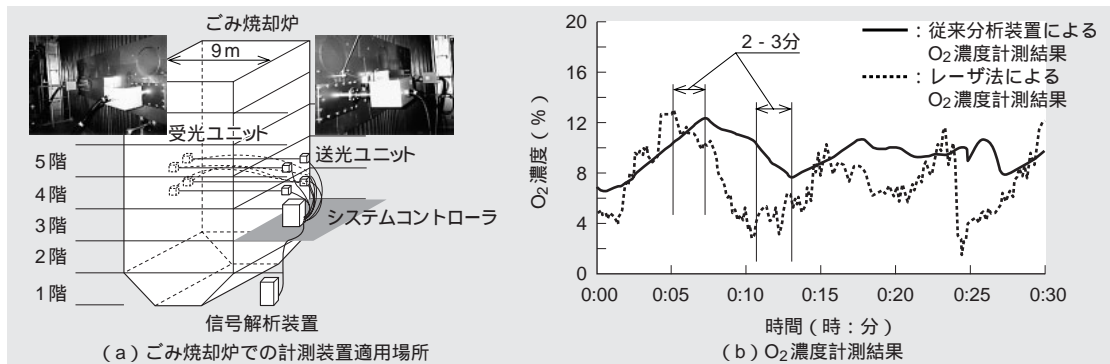


図2 ごみ焼却炉用O<sub>2</sub>, COモニタリングシステム 本装置開発により多点, リアルタイムのO<sub>2</sub>, COモニタリングが可能になり, 燃焼制御に反映することでCO低減効果が得られることが確認できた。

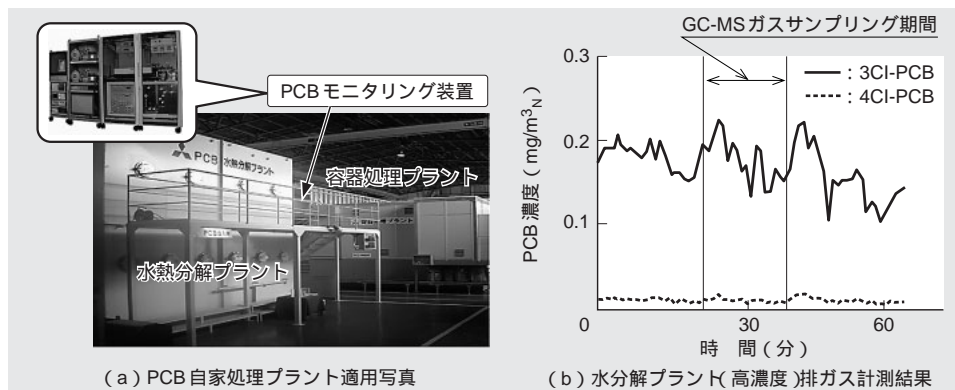


図3 ガス中PCB濃度計 (MOHMS-21GP) 本装置はレーザ装置, TOFMS計測装置, 真空ポンプ, 制御コンピュータ及びPCB校正ガス発生装置により構成され, 検出感度0.01 mg/m<sup>3</sup>のPCBをリアルタイム計測可能となる。

レベルの超高感度計測法であり, 芳香族系炭化水素やダイオキシン<sup>(5)</sup>, PCB<sup>(4)</sup>, ナノ粒子<sup>(6)</sup>等のモニタリングへ応用展開が図られてきている。PCB自家処理でのPCBモニタリング例を図3に示す<sup>(4)</sup>。排ガス中PCB濃度が低い場合, 比較的高い場合共に, “ガスサンプリング+GC-MS”による分析結果と良い一致を示しており, PCB処理プラントでのPCBガスモニタリング性能が実証されている。

### 3. ま と め

レーザ計測技術として, レーザ誘起ブレイクダウン法, 波長可変半導体レーザ吸収法, レーザイオン化飛行時間型質量分析法を取り上げ, プラントへ適用及び制御例を示した。レーザ計測は従来法では不可能な非接触, リアルタイム性を有しており, プラント・環境計測に大きなメリットが得られることが確認された。レーザ計測は多くの先端機器を使用するため, 従来はその安定性, 価格に多くの課題が存在した。しかしながら, 近年, 安定性向上, 小型化, 低価格化が図られた製品が急速に開発されてきており, 今後, 更に多くの実用機器への応用展開が図られていくものと考えられる。

### 参 考 文 献

- (1) Deguchi, Y., Noda, M., Fukuda, Y., Ichinose, Y., Endo, Y., Inada, M., Abe, Y., and Iwasaki, S., Measurement Science and Technology (2002) p.R103
- (2) 山浦ほか, 第40回燃焼シンポジウム講演論文集 (2002) p.527
- (3) 樽井ほか, 火力原子力発電, 53(4) (2002) p.67
- (4) Deguchi, Y., Dobashi, S., Fukuda, N., Shinoda, K., and Morita, M., Environmental Science and Technology, 37, (20) (2003) p. 4737
- (5) 出口ほか, 燃焼研究 119 (2000) p.37
- (6) 川添ほか, 第41回燃焼シンポジウム講演論文集 (2003) p.319



出口祥啓



山浦剛俊



土橋晋作



安部正孝



猪澤祥規