

New Challenge for particle measurement by Dr.Bachalo

レーザー励起加熱法によるすす計測システム LII : Laser Induced Incandescence

Apium
Laser Induced Incandescence

primary particle diameter

Concentration (mg/m³)

Time (s)

• 20 Hz single shot data
— 20 point moving average

Apium
TECHNOLOGIES, INC.

US Patent No. 6,154,277 and 6,181,419

カナダ国立研究所(NRCカナダ)とサンディア国立研究所、それにArtium社が共同で研究・開発したin-situ 非接触のレーザ励起加熱法によるすす計測システムです。1064nmのNd:YAGレーザを低出力でコントロールし、すすの励起加熱光を2波長(400nmと780nm)分光計測、その強度の減衰時間を計測することによりナノサイズクラスのすす計測が可能となるのです。

【製品仕様】

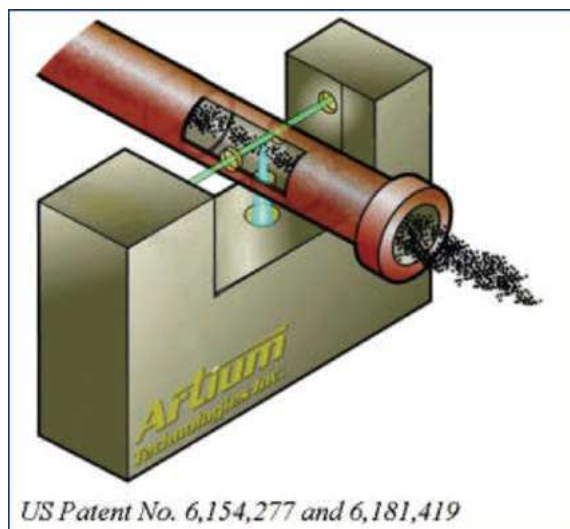
- ◆ サンプリング周波数：20Hz
- ◆ 濃度 <math>< 0.1\text{ppt} \sim 100\text{ppm}</math> <math>< 0.2 \sim 20 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>
レンジ：1,000,000：1
精度：±2%
- ◆ プライマリー粒子径
レンジ：10～100nm
精度：±2% (of max)
比表面積50～200m²/g
- ◆ 計測項目：すすの質量濃度/体積濃度、表面積、Primary粒子径平均値

【特徴】

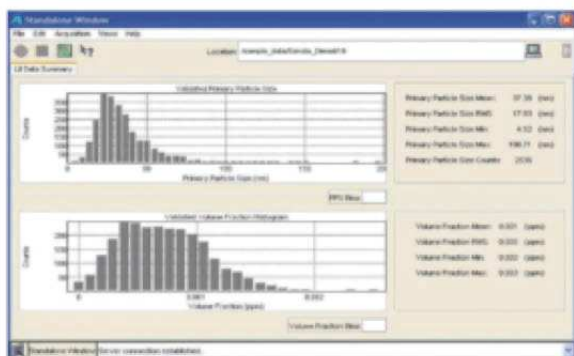
- ◆ 可搬可能な一体型モジュール
- ◆ 時系列計測可能(20Hz)
- ◆ in-situ 及び 非接触計測
- ◆ ポイント計測(空間分解能の精度)
- ◆ 凝集体のサイズに影響されない
- ◆ 高い計測精度と繰返し性
- ◆ 高速データ取り込み・解析

【メリット】

- ◆ サンプルガスの希釈処理不要
- ◆ カーบอนを主体とした計測(他の分子類に影響されない)
- ◆ 低濃度ガスでの計測可能
- ◆ リアルタイム計測



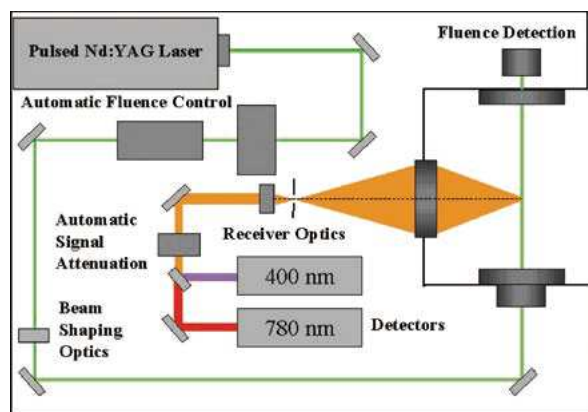
本体+計測ユニット

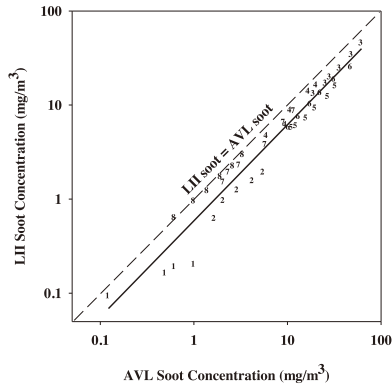


出力画面

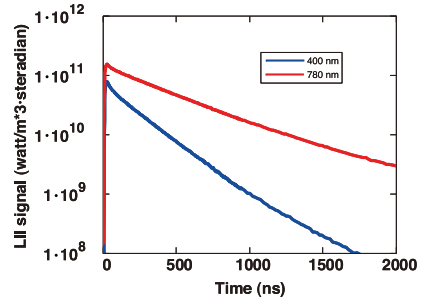
【LII装置レイアウト図・原理】

Nd:YAGレーザから発振される波長1064nmの光は数mJにチューニングされ、計測ボリュームは、均一な強度と効果的な形状にフォーミングされます。その計測ボリュームを通過する排ガス中のすすは励起加熱(Induced Incandescence)され、集光レンズにより、400nmと780nmに分光されます(Fig.1)。この励起加熱光の減衰強度と時間の比から温度が求まり(Fig.2)、グラフ勾配からPrimary粒子径平均値が得られます。



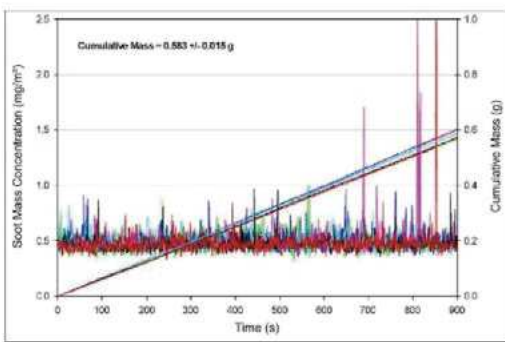


AVL スモークメータと LII 値の質量濃度比較



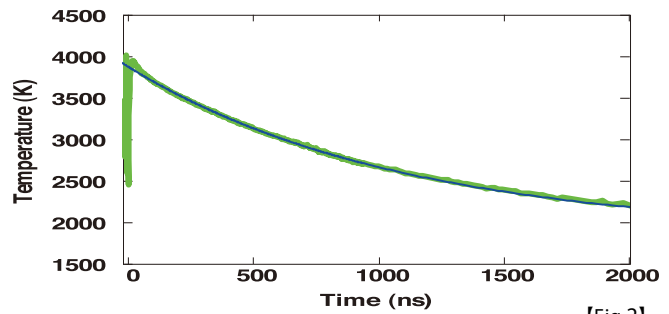
Primary 粒子径平均値から励起加熱光 $I(P)$ を導入し、励起光全体 $I / I(P)$ から個数 n を算出します。Flow rate が既知であれば、体積濃度・Flux 等が求まります。

【Fig.1】

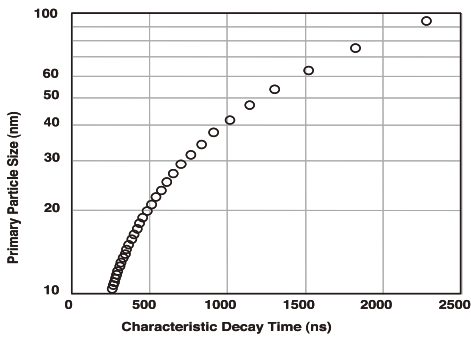


LII demonstrates better than 3% repeatability on heavy-duty diesel steady-state testing and gas turbine particulate matter (PM) emissions.

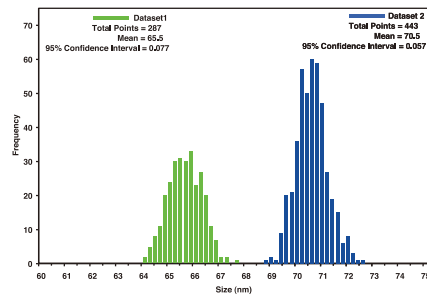
優れた再現性



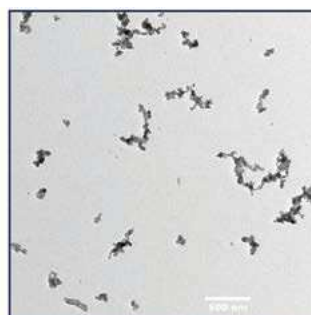
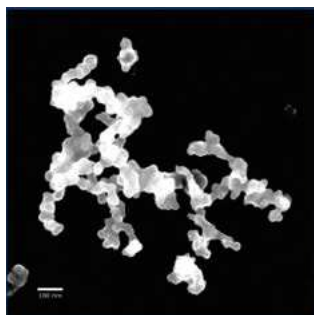
【Fig.2】



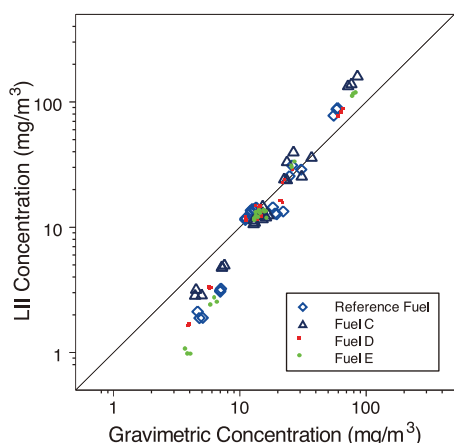
Primary 粒子径分布と励起加熱光減衰時間相関図



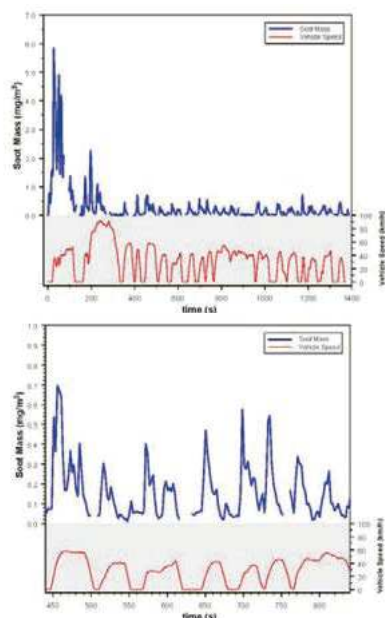
カーボンブラックを使った LII 計測による粒子径分布図



すすの SEM(左)と TEM(右)顕微鏡写真



*BSE : Brake Specific Emissions



GD Iから排出される微粒子群

EPAL A-4の立ち上がりサイクルのLII信号と回転数との関係

高負荷ディーゼルエンジンから排出された微粒子群

4タイプのディーゼル燃料エミッションを対象におこなった質量濃度分析計との比較データです。広範囲にわたって質量濃度分析計との良好な相関性が見られます。また、計測データ再現性もあります。

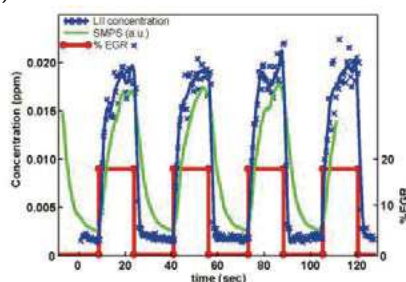
Fuel	Sulphur (ppm)	Gravimetric PM BSE (g/hp:hr)	LII soot BSE (g/hp:hr)
Reference	192	0.074	0.074
Fuel C	184	0.087	0.092
Fuel D	46	0.082	0.070
Fuel E	32	0.084	0.074

計測感度

層流拡散火炎	200mg/m ³ ~ 20g/m ³
カーボンブラック	20mg/m ³ ~ 1g/m ³
ディーゼル排気	1mg/m ³ ~ 200mg/m ³
GDI排気	10 μg/m ³ ~ 1mg/m ³

低負荷ディーゼルエンジン EGR の時間分解

SMPS(緑線)に比較してLII(青線)の時間分解能が優れているのがわかります(単一径: 120nm)



参考文献

- Smallwood, G. J., Snelling, D. R., Liu, F. and Gülder, Ö. L., "Clouds over Soot Evaporation: Errors in Modeling Laser-Induced Incandescence of Soot," *Journal of Heat Transfer*, 123, pp. 814-818, 2001a.
- Smallwood, G. J., Snelling, D. R., Gülder, Ö. L., Clavel, D., Gareau, D., Sawchuk, R. A., and Graham, L., "Transient Particulate Matter Measurements from the Exhaust of a Direct Injection Spark Ignition Automobile," *SAE Paper No. 2001-01-3581*, 2001b.
- Witze, P. O., "Diagnostics for the Measurement of Particulate Matter Emissions from reciprocating Engines," *The Fifth International Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines (COMODIA)*, Nagoya, Japan, 2001.
- William D. Bachalo, Subramanian V. Sankar, Gregory J. Smallwood and David R. Snelling, "Development of the Laser-Induced Incandescence Method for the Reliable Characterization of Particulate Emissions", *11th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Libon, July 8-11, 2002*
- G. J. Smallwood, B. J. Stagg, and W. D. Bachalo, "Investigation of LII for online measurement of nanoparticle surface area in a carbon black reactor," *Twenty-Ninth Symposium (International) on Combustion, WIP 3-1411, Sapporo, Japan, July 21-26, 2002.*

安全に関するご注意 ご使用前に《製品仕様書》をよくお読みの上、正しくお使いください

- このカタログに記載された製品は、予告無しにデザイン及び、仕様を変更する場合がございます。
- 記載の会社名及び製品名は、各社の商標又は登録商標です。

西華デジタルイメージ株式会社
Seika Digital Image

〒107-0052 東京都港区赤坂4-9-6 タク赤坂ビル5F
TEL : 03-3405-1280 FAX : 03-3405-1282

mail : info@seika-di.com website : www.seika-di.com