

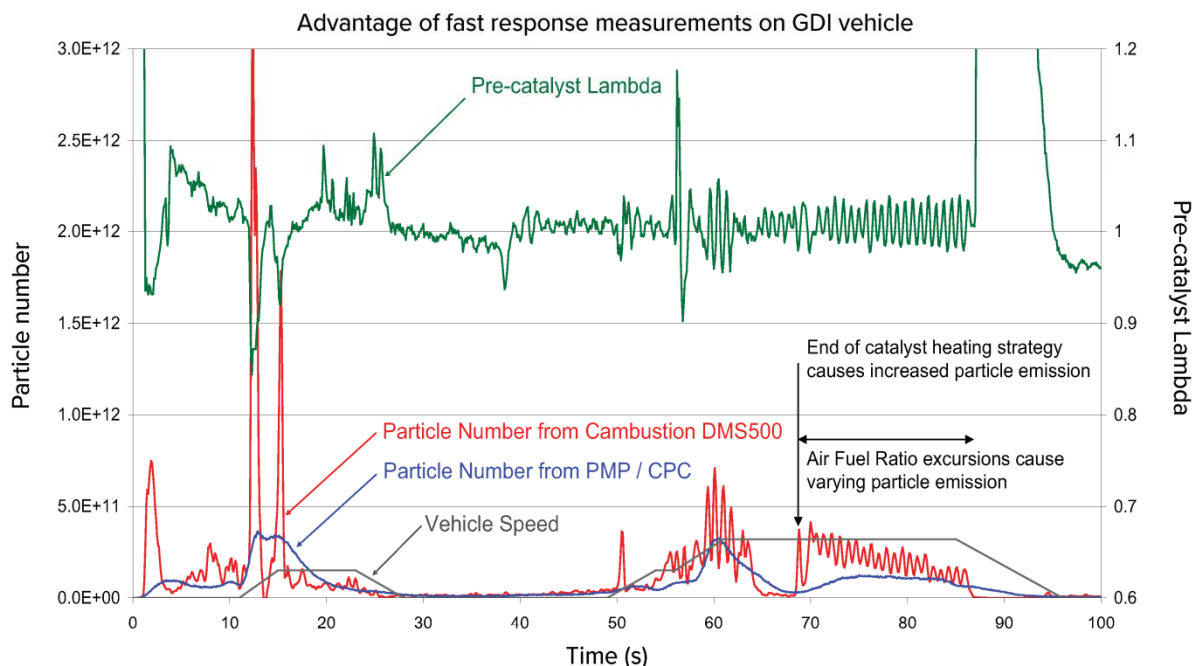
エンジン排気用高速微粒子分析計

PNとPMをこれ1台で

- 粒径範囲：5nmから1 μ m
(5nm~2.5 μ mはオプション)
- 粒子数 (PN) 計測
カットオフ粒径選択機能付き
(10nmまたは23nm)
- 粒子質量 (PM) 計測
- 揮発性粒子除去器をオプション
で用意 (Catalytic Stripper)
- 最速の応答性
(T_{10-90%} 200ms, 10Hz計測時)
- GPF, DPFの上下流, テールパイプ, CVSからのサンプリング
- 氷点下での計測
- 高地試験



DMS500 Mk2 エンジン排気用高速微粒子分析計

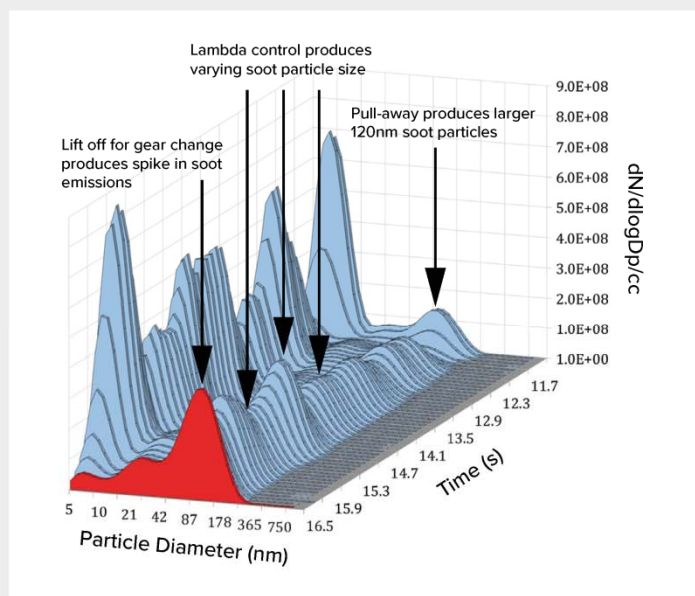


DMS500 Mk2について

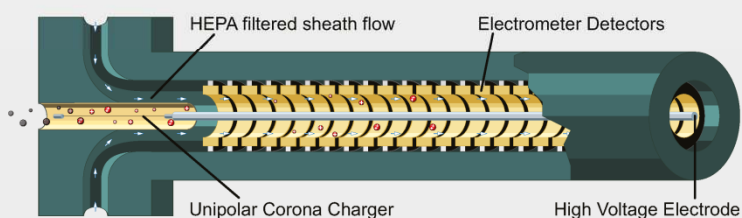
DMS500は、世界初のナノ粒子用リアルタイム粒度分布（粒子径と粒子数の分布）計です。2002年に発売されてから、世界中の研究機関、大学、および自動車メーカーで使用されてきました。

2008年には、DPF下流、GDIなど、より難易度の高いエンジン試験に対応させるため、高感度化、希釈率範囲の拡大などの改良が反映されたDMS500 Mk2が発売されました。DMS500は、Cambustionの受託試験部門における長年のエンジン試験経験と最新の粒子計測技術を反映させ、エンジン試験に最適化された設計になっています。

これらの改善により、粒子の専門家でなくてもDMSを使えるようになりました。付属するデータ処理ツールにより、取り扱いの難しい微粒子粒度分布のデータ解析を簡単に実施できます。



Operating Principle



計測原理

DMS500は、高電圧の放電により、粒子をその表面積に比例して荷電します。荷電された粒子は、放射状の強い電場を通過し分級され、検出部へ到達します。粒子は、粒子径（空力抵抗と荷電との比）に応じて、異なる位置の電極で検出されます。22個のエレクトロメータからの信号は、粒度分布などに10Hzでリアルタイムの演算処理がされます。

DMS500は、粒子の凝集を防ぐため、臨界オリフィスを通してサンプルガスを採取します。検出部を一定の圧力に保つことで、計測できる粒径の範囲を拡大し、応答性の向上とサンプル圧力の影響を無くしています。

検出部のアニメーションは、CambustionのWebサイトでご覧いただけます。
www.cambustion.com/dms



リアルタイムデータ出力

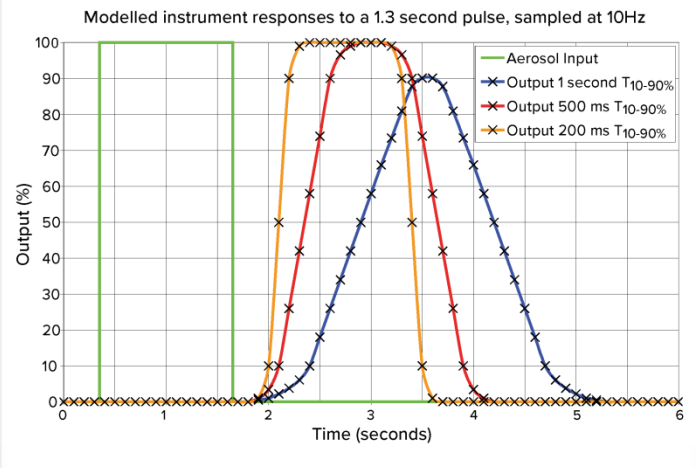
エンジンから排出される粒子の規制には、フィルタ重量法による質量の規制とPMP機器による個体粒子数の規制があります。

DMS500は、ユーロ6規制の要求に応じた質量と個体粒子数に相関があるデータをリアルタイムで出力できます。排気バルブからCVSトンネルまでのどこでもサンプルできるので、エンジンから排気後処理の研究に使用できます。



最速の応答性

過渡計測では、データの収録周期が速いだけでなく、応答性も速いことが求められます。



DMS500は、最速10Hzでデータを出力できるナノ粒子用の粒度分布計です。これに加えて、DMS500の応答性(T10-90%)は、通常で200ms以内、5mの加熱サンプルライン接続時でも300msです。

ディーゼル、GDI、代替燃料に適した校正を提供

ガソリンとディーゼルでは、燃焼過程が異なることから、以下に示す異なる特性の粒子が発生します：

核生成モード粒子

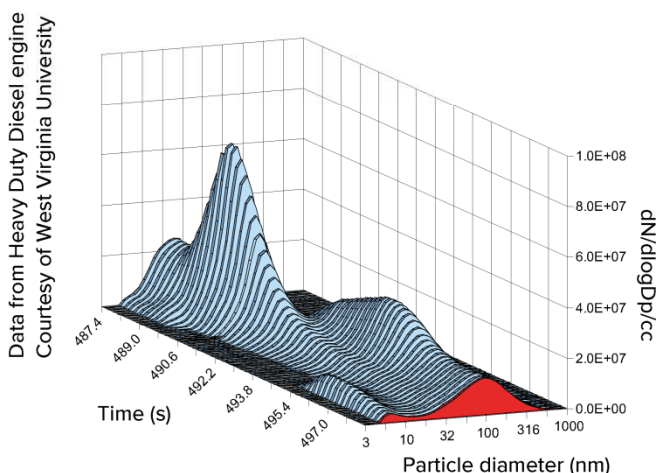
ガソリン、およびディーゼルエンジン(代替燃料も含む)のどちらの燃焼でも、核生成モード粒子が発生します。この粒子は、粒径が5~50nmで、形状は球形です。この粒子は、水、硫酸、潤滑油、化合物が凝縮したもので、燃焼中に生成されます。

凝集モード粒子

ディーゼルエンジンでは、自己着火する条件のときに燃料を噴射します。燃焼速度は、燃料液滴の表面積に対する酸素の拡散に依存し、局所的にリッチ燃焼を引き起こし、固体の一次煤粒子を生成します(おもに粒径25nm)。この粒子が高濃度になると、結合して粒子群が生成されます。

ガソリンエンジンでは、球形に近い凝集モード粒子が生成される傾向にあります。DMS500では、フィルタ重量法と相関がある粒子の質量、およびユーロ6と相関がある粒子数を計算するために、ソフトウェアが核生成モード粒子と凝集モード粒子を分離します。

ユニポーラ拡散型(コロナ)荷電を使用する計測器では、正確な粒子の質量、および粒子数を計測するために、ディーゼルエンジンとガソリンエンジンではそれぞれ異なる校正が必要です。



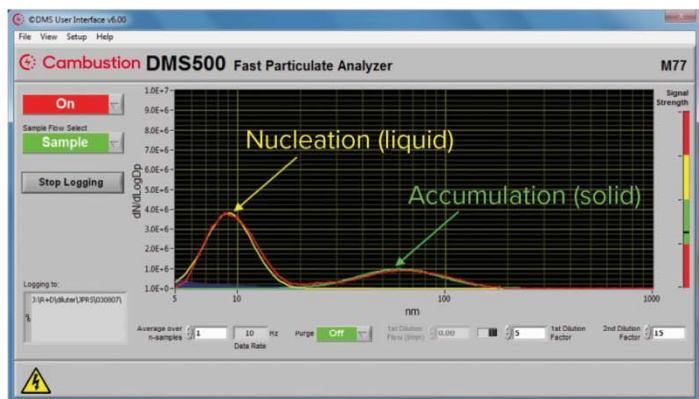
Data from Heavy Duty Diesel engine
Courtesy of West Virginia University

Cambustion

DMS500は、ディーゼルとガソリン両方の校正を提供します(ソフトウェアで切替)。ディーゼルエンジンの計測例(下図)では、赤線が全体の粒度分布を、黄線が核生成モード粒子(揮発性)を、緑線が凝集モード粒子(固体粒子)を示しています。

計測中に保存されたデータファイルの中に、各モードの粒子の情報(粒径、粒子数、重量法に相関のある質量)が自動的に記録されます。これらは、アナログ(0~10V)でも出力できます。

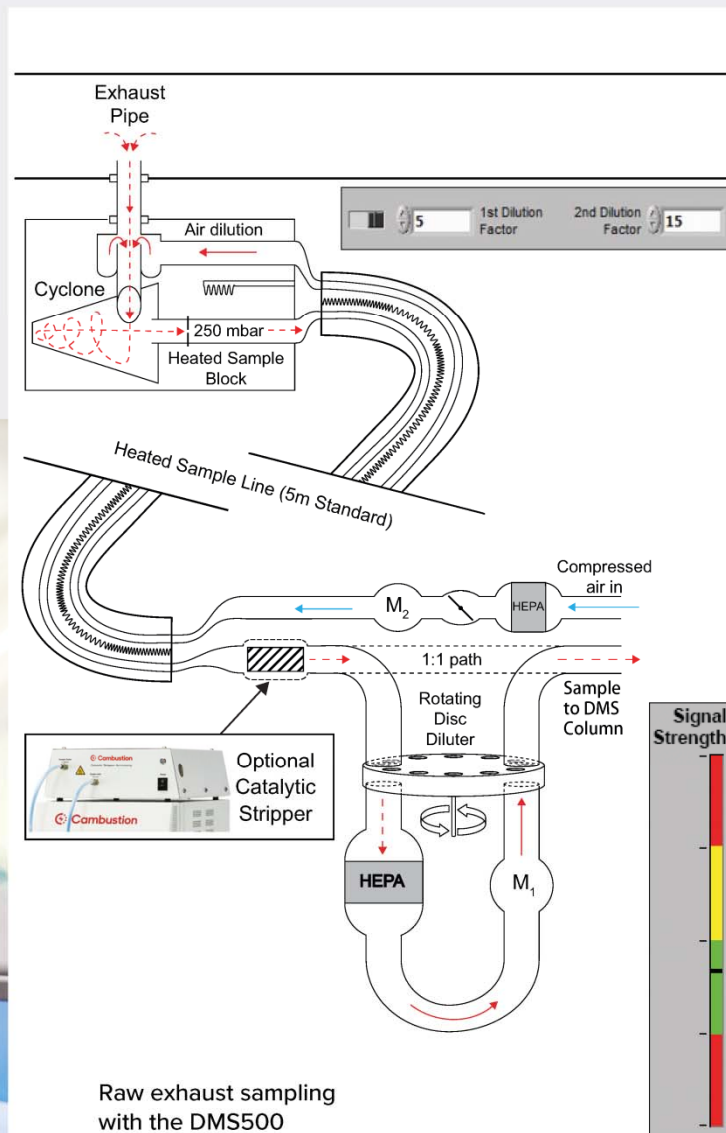
Microsoft Excelで使用できるデータ解析ツール(アドイン)が付属します。自動でグラフを描画するなど便利な機能が付属するので、データファイル(テキスト)を直接編集する必要はありません。



希釈システム

DMS500は、エンジンから排出される排気を直接計測できる2段階の希釈システムを内蔵しています。

サンプルした直後に1次希釈を実施し、凝縮、および凝集を防ぎます。さらに2次希釈によって高濃度の計測もできます。希釈器は、パソコンにインストールされた専用ソフトウェアで制御します。計測された粒子濃度は、自動で希釈率を補正し記録されます。





オプションの揮発性粒子除去器（写真上）は、揮発性粒子を取り除き、使用しない際は簡単にバイパスできます。

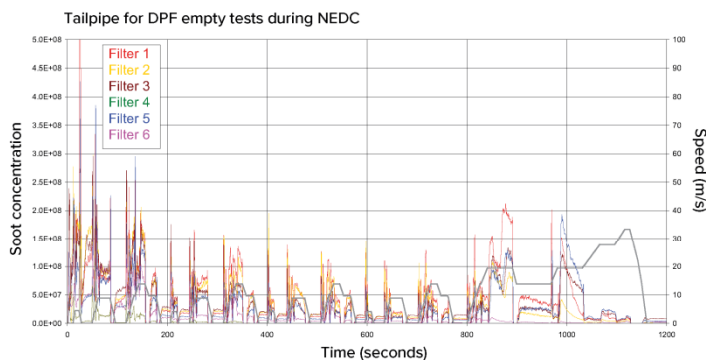
希釈システムは、粒子の損失を考慮した校正が実施され、自動的に補正されます。

加熱サンプルラインは最大191℃に加熱できるので、CVSを使わずにエンジン排気の直接サンプリングができます。DPF・GPFの上下流、排気後処理システムの計測ができます。

アプリケーション

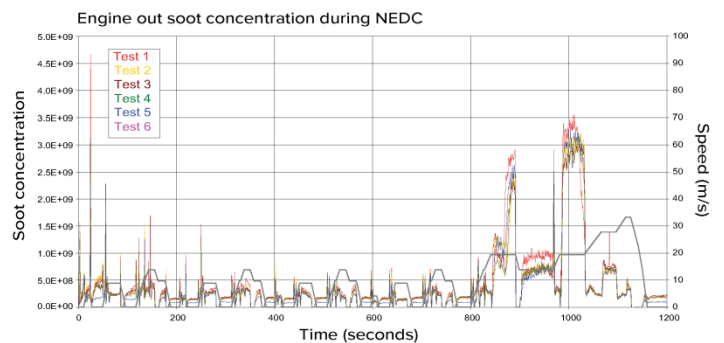
1. DPF・GPFの試験

DMS500の直接サンプリングシステムは、DPF・GPF上下流の試験に適しています。フィルタ上流の試験では、フィルタに流入する粒子質量、および粒子数の計測ができ、エンジンから出てくる排気ガスの適合試験に使用できます。フィルタ下流の試験では、フィルタの性能を試験できます。リアルタイムでデータが出力されるので、経過時間に対するフィルタ効率の変化を観察できます。

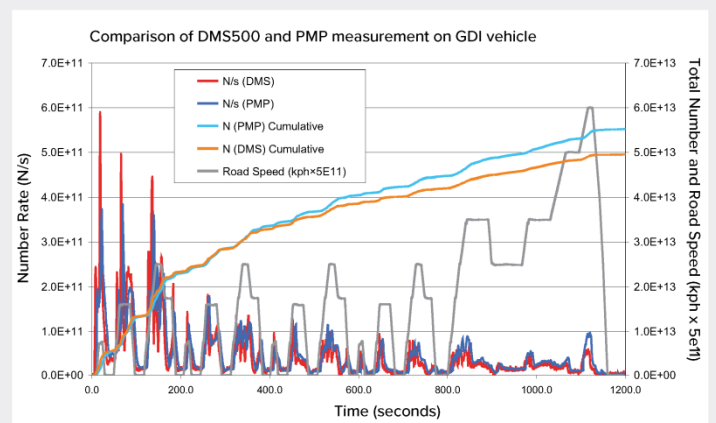


DMS500は、希釈システムのレンジが広く、故障したフィルタの検知だけでなく、異なる性能のフィルタ同士の比較ができます。

排気流量をアナログ入力すると、粒子濃度をN/ccからN/sへ自動で変換できます。さらに車速をアナログ入力することで、エンジンの運転条件が個体粒子数の規制に適合しているかを表示できます。



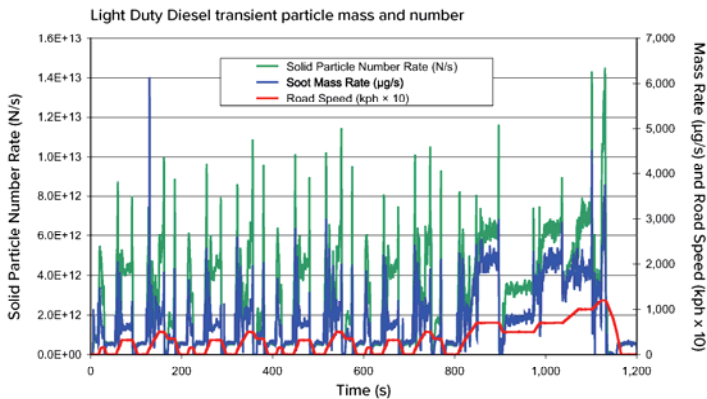
2. GDIエンジンの適合



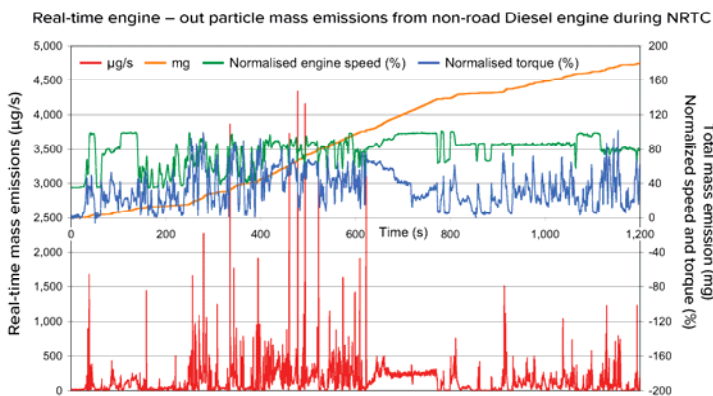
GDIエンジンは、過渡時や冷間始動時に多くの粒子を排出します。DMS500は、応答性の遅いPMP（認証用粒子数計）機器が計測できない、これらの瞬間的な挙動を計測できるので、様々な運転条件に応じた適合に使用できます。GPFが装着されている場合でも、GDIエンジンが排出する粒子数は重要です。

3. ディーゼルエンジンの適合

ディーゼルエンジンの適合における燃料噴射、過給などの制御は、年々進化してきました。しかし過渡運転時には、空気流量などが正確に制御できないことで、燃焼状態が悪くなり粒子が生成されます。このような挙動は、外部条件の変動で容易に発生する場合があります。



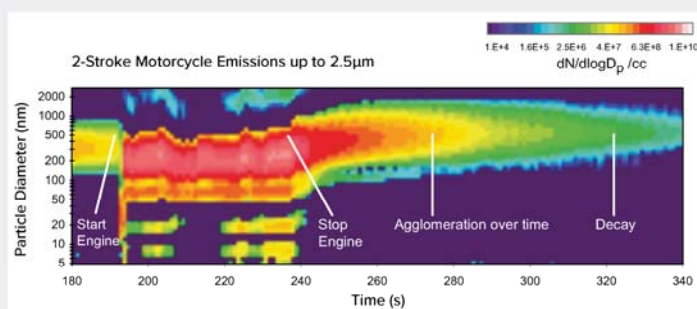
DMS500は、エンジンから後処理装置までの任意の場所で粒子の質量と数を計測できるので、排気改善の研究に使用できます。高速応答のDMS500は、ディーゼル特殊自動車向けのNRTC (Non-Road Transient Cycle) を含めた過渡運転の適合に適しています。



4. その他のアプリケーション

クランクケースエミッション（ブローバイガス）が粒子の発生要因になることもあります。DMS500は、粒径レンジが広いので、エンジン負荷などによる変動が大きいこのようなエミッションの研究に理想的です。

PFIエンジンでは、吸気バルブのステムに付着したカーボンが噴射したガソリンで取り除かれますが、GDIエンジンでは残留物質が堆積します。オイルミストセパレータなどのデバイス評価にも使用できます。



2サイクルエンジンでは、HCの排出を減らすためにGDIが目まわっています。掃気の際にクランクケースで微量の潤滑油が燃焼空気と混合し、600nm以上の粒子を発生します。DMS500は、粒径レンジが広く(~2.5µm)、このような計測に適しています。

EGRクーラの目詰まり対策のため、EGRクーラ上下流の粒子計測にも適しています。

アプリケーションノート

サンプリング方法や関連データなどの計測事例は、CambustionのWebサイトでご覧いただけます。
www.cambustion.com/applications/DMS



リモート制御に対応したソフトウェア

DMS500は、ラボで粒子を計測するのに最適な機器です。本体は、専用のパソコンから制御されます。AKプロトコル(シリアル、またはイーサネット)を用いて、リモート制御、データの送受信を行うことで無人運転によるエンジンの自動マッピングも可能です。

DMS500は、既存の機器と接続可能な4系統のアナログ入力、および4系統のアナログ出力を搭載しています。Cambustionの高速分析計のユーザであれば、簡単に使用できるソフトウェアです。ソフトウェアはすべてのエラーを検出し警告します。暖機に必要な時間は30分間で、ゼロ調整は、内部のHEPAフィルタを使用して自動で実施されます。

希釈率、サンプリングレートなどのユーザが設定できる値の変更、および計測値の記録の開始は、AKプロトコルを使用して試験室から変更できます。頑丈な金属製筐体を使用しているため、工場などの環境で使用できます。キャスター付きで移動も簡単です。

Microsoft Excel用 データ解析ツール

DMS500のデータは、すべてのデータに要約、および粒度分布の計算結果が含まれており、後処理は不要です。データはテキスト形式なので、Excel、MATLAB、およびScilabなどで開くことができます。

Cambustionが提供するExcelのアドインソフトを使用すると、コンター図、アニメーションなどを作成できます。

感度の改善、計測レンジの拡大

DMS500は、希釈器を内蔵し、9桁を超える計測レンジを達成しています(仕様表を参照)。信号強度を確認しながら、適切な希釈率を設定することで清掃の間隔を伸ばせます。



DMS500は、オートゼロ調整を実施する際にベースラインノイズを計測します。このノイズが閾値を超えると、清掃が必要である警告を発します。清掃は、付属の清掃ツールを使用して10分程度で行うことができます。

Dual Sampling Accessory (DSA)

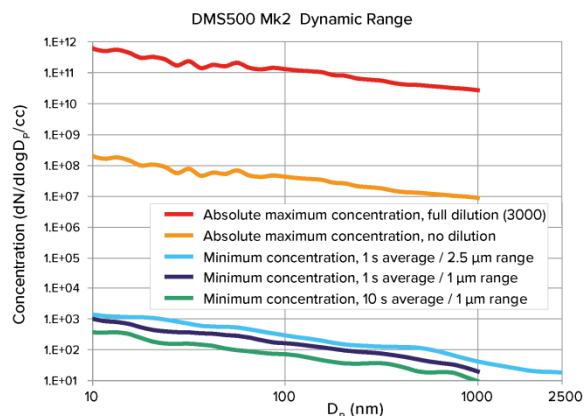
このオプションを使用すると、1台のDMS500で2か所(DPFの上流・下流など)の計測ができます。

校正

DMS500は、標準PSL球、および代表的なエアロゾルをDMAに通過させトレーサブルな校正をしています。粒子数の校正には、CPCの校正と同様、トレーサブルな電位計を使用します。エアロゾルは、実際の煤、および揮発性の硫酸を使用します。最終的な校正は、内部の粒子損失を反映させます。校正証明書とトレーサビリティ図書が装置に付属します。



エアロゾル分野でのアプリケーション



DMS500は、エアロゾル分野のアプリケーションにも適しています。詳細はCambustionのWebサイトをご覧ください。



仕様

計測範囲	5nm~1µm 5nm~2.5µm (オプション)
電位計数	22
分級方式	電気移動度
希釈率範囲	1~3000
加熱ライン	7m、5m、または2m
1次希釈最高温度	191℃
加熱ライン最高温度	191℃
揮発性粒子の除去	catalytic stripper (オプション)
カットオフ粒径	ソフトウェアで選択(23nm : Euro 6、 sub 23nm : PMP48)
最低サンプル圧力	60kPa(abs)、4200mの高地相当
サンプル流量	8L/min (1µmレンジ、0℃、100kPa)
本体寸法	高さ980×幅380×奥行520mm
本体重量	80kg
排気ポンプ寸法	高さ480×幅330×奥行450mm
排気ポンプ重量	46kg
出力(アナログ・AK)	4系統、10Hz、スケーリング可能
入力(アナログ・AK)	4系統、10Hz、スケーリング可能
ゼロ調整	自動(内部HEPAフィルタ)
暖機時間	運転開始後30分
粒径分解能	16、または32/decade
データ出力周期	10/s~1/min
応答性(T10-90%)	200ms 300ms (5m加熱ライン使用時)
再校正周期	12か月
保証期間	12か月
最高濃度	1×10 ¹¹ N/cc
通信	イーサネット
校正(球状粒子)	PSL(NISTトレーサブル)、NaCl・H ₂ SO ₄ (DMAで選別)、標準電位計との比較
校正(非球状粒子)	煤(DMAで選別)、標準電位計との比較
リモート制御	AKプロトコル
専用パソコン	Windows、デスクトップ、またはノートパソコン

ユーティリティ

電源	AC110~115V、またはAC220~240V、50/60Hz、1500W(本体)、750W(排気ポンプ)
サンプルガス接続口	6mm、または1/4インチSwagelok
計装エア	オイルフリー、0.3~0.8MPa(ゲージ) 露点3℃未満 ISO 8537 Class 1.4.1相当
排気ポンプ接続	樹脂チューブ(内径12mm)
インターネット接続(推奨)	リモートで技術サポートを利用できます

感度(1Hz、RMS)

10nm	1.0×10 ³ (dN/dlogDp/cc)
30nm	4.0×10 ²
100nm	1.7×10 ²
300nm	8.0×10 ¹
代表的なディーゼル凝集モード粒子(80nm、σ=1.8)	粒子数：約170N/cc 質量：約0.5mg/m ³ ログノーマルモード時の最低検知閾値以下の典型的なレベル

これらの仕様は予告なく変更されることがあります

技術論文とアプリケーションノート

これまでにCambustion製品に関連した技術論文が数多く発表され、様々なアプリケーションが紹介されています。
(DMS500以外の製品も含まれます)



<https://www.cambustion.com/products/publications>

Cambustionが独自に制作したアプリケーションノート(計測事例)をダウンロードいただけます。
(DMS500以外の製品も含まれます)



<https://www.cambustion.com/products/application-notes>



Cambustion公式チャンネル



製造:

 **Cambustion**
cambustion.com
support@cambustion.com

国内総代理店:

 **森村商事株式会社**
MORIMURA BROS., INC.
morimura.co.jp
cambustion@morimura.co.jp

国内技術サポート:

 **サステナブル・エンジン・リサーチセンター**
Sustainable Engine Research Center (SERC)
serc.co.jp
cambustion@serc.co.jp