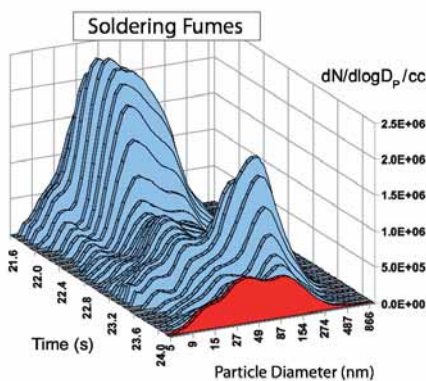


# CAMBUSTION

## Fast Aerosol Mobility Size Spectrometer

PM1やPM2.5のエアゾールを対象とした  
急速に変化する粒子の粒径，粒子数およびマスを測定

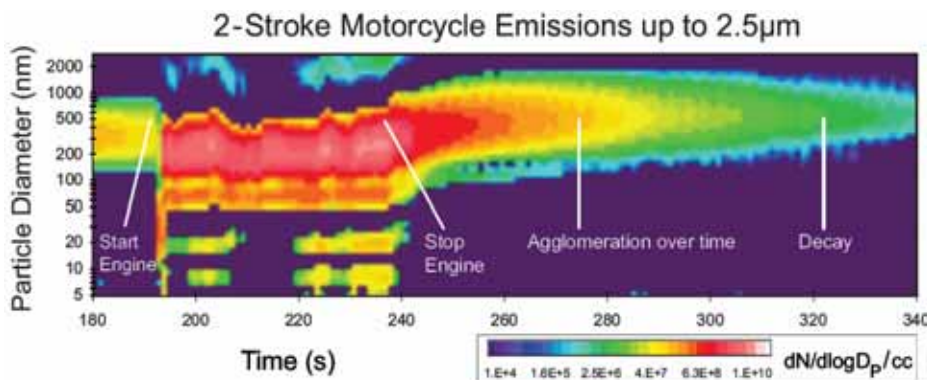


- 最速の応答性 (200 ms T<sub>10-90%</sub> @ 10 Hz)
- 最大レンジ (5 nm – 1 μm or 2.5 μm)
- 広範な濃度レンジ (9 桁)
- 良好な感度

— 高速応答型粒度分布計のひとつであるDMS500

以下の用途には，DMS500を  
お選び下さい：

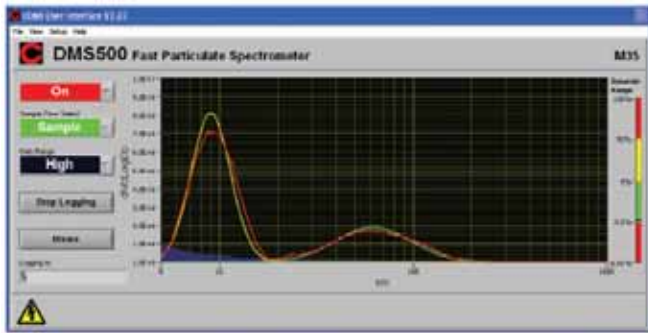
大気や道路脇の計測および  
作業環境のモニタリング  
エンジンアウトガスや  
煙道からのサンプリング  
人工的なナノ粒子  
火炎のサンプリング  
ガスタービン  
花火関係...



### DMS500 MKIIの概要

CambustionのDMS500は、世界で最初に発売された量産型のリアルタイム型ナノ粒子粒度分布計です。

ステップ変化に対して200msの(T<sub>10-90%</sub>)応答性があり、全粒径のデータを1秒間に10回排出し、DMS固有のバイモダル近似のデータも出力して各エアゾールモードの粒径、粒子数およびマス等を出します。プレーンテキストデータの後処理を必要としません。



2002年の発売以来DMS500は、研究分野、大学、OEM関連、政府系機関および世界的な標準ラボ等における選択機種のひとつとなりました。急激に変化するエアゾールを高精度で計測する必要がある場合には、応答性の遅いスキャンタイプに取って代わる理想的な代替器となります。このDMS500は、最前線で活躍するCambustionのトランジェント用エミッション測定器や、長年の研究で培った経験を、特許を取得した最新のエアゾール技術と巧みに組み合わせています。

事実上Cambustionはこの分野をリードし、幾つかの新しい革新技术や改善点を取り入れています。Mk I に比べて3倍の感度を有するDMS500 Mk II のコンセプトは、この分野において最高感度で最速の電気移動度型測定器となっています。広範なダイナミックレンジを有するDMS500は、煙草の研究、大気/道路脇の粒子モニタリング、花火の研究、人工的なナノ粒子の粒径調査、ウッドスモーク、煙道からのサンプリングおよびガスタービンの研究等、一般的なエアゾール科学のアプリケーションに適しています。

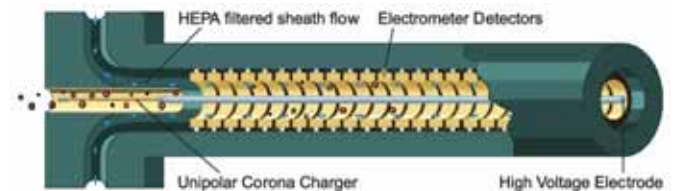
各種のアプリケーションに適合する幾つかのオプションも備えています：

- 内蔵型の回転円板式二次希釈器 (1:1 – 500:1)
  - 加熱サンプルライン (一次希釈器に内蔵 1:1 – 6:1)
  - 標準測定粒径レンジ: 5 nm – 1 μm
  - オプションで5 nm – 2.5 μmのレンジに切り換え可能
  - 煙草の研究用としてスモッキングサイクルシミュレータ
  - 高濃度用アプリケーション向け、デュアルゲインレンジ \*
- \* 例: 広範な感度を必要とする煙草の研究では、ダイリュエーションを下げるが必要となります。

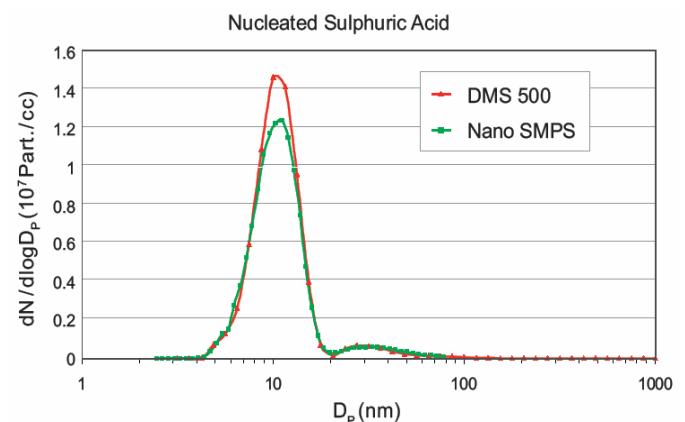
### 測定原理

DMS500は各粒子が、それぞれの表面積に比例した荷電粒子となるよう、単極型のコロナ放電を使っています - SMPSと異なり、放射性物質のチャージを必要としません。荷電粒子となったエアゾールはその後、強力な放射状の電場をもつ分級カラムの内部へと導かれます。この電場が粒子を、シース流を横切ってエレクトロメータへ漂流させる力を引き起こします。粒子はそれぞれの電気的移動度に依存し、カラム内の異なったところで検出されます。22ヶのエレクトロメータから出力される電流信号は、38または48分級の粒度分布データとなるよう、リアルタイムで処理されます。DMS固有のスペースチャージガード電極は、別途必要となる複雑なソフトウェア補正を行うことなく、イメージチャージエフェクト(荷電量の高い粒子がカラム頂部のエレクトロメータを流れるときに起こる現象)を防止します。以下のURLでアニメーションが観られます：

[www.cambustion.com/products/dms](http://www.cambustion.com/products/dms)



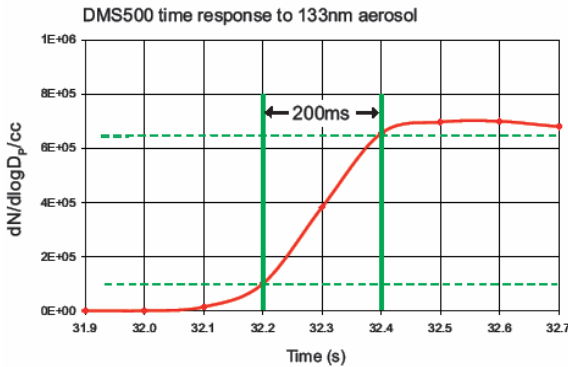
DMS500のカラムは、オンライン圧力補正のアルゴリズムを考慮しないで済むよう、一定の圧力に制御されます。これによって本機の粒径レンジを広くし、応答性を高めると共にサンプル圧力の変動影響を受け難くしています。分級システム内部の短い滞在時間や表面張力の影響は、揮発性粒子の蒸発を防ぎ、実験では定常状態における核生成モードエアゾールで、SMPSの測定結果と良い一致を示しています。



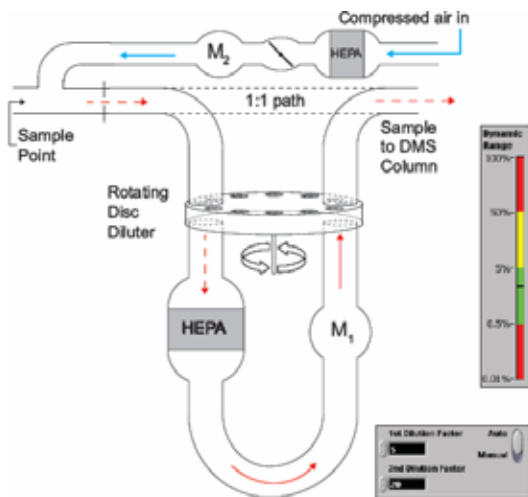
最大8slpmのサンプル流量と、荷電システムの内部に流れるDMS固有のマルチシース流量は、拡散による粒子損失を最小限に抑えています。

### 現在得られる最速の応答性

DMS500はナノ粒子を対象とし、10Hzのデータ出力周期を備えた最速の粒度分布計です。しかし高速のデータレートだけでは十分とは言えません。本機は単にデータ収録周期だけではなく、トランジェントに対する応答性を考慮し、急速に変化するエアゾールの測定に適していると言えます - 本機の信号処理速度は、実際の応答性と同等視してはいけません。



高速応答型ガスアナライザのサンプリング回路設計で培ったCambustionの長い経験を生かし、濃度のステップ変化 ( $T_{10-90\%}$ ) に対するDMS500の応答性はほぼ200ms、または5mのサンプルライン ( $1\mu m$ レンジ) を使っても300msとなっています。ナイキスト基準によると200msは、10Hzのサンプルレートを有する測定器で正確に補足できる最小の応答性ということになります。サンプリング回路や希釈システムはすべて内蔵されています。DMS500は一次希釈器 (コンプレッサエアーの計量) と、オプションの回転円板式高希釈型二次希釈器を備えています。



サンプリングポイントでの一次希釈は粒子の凝縮と凝集を防ぎ、高希釈型二次希釈器は、ダイナミックレンジで9桁の広範囲に渡るエアゾール濃度の計測を可能にします。そのため本機は、濃度の低い環境計測から、高濃度となる火薬煙計測等の広い分野に渡るアプリケーションに適しています。

希釈システムのコントロールは、PCをベースとしたユー

ザーインターフェースで一括管理され、測定された粒子数濃度は総希釈比を使って自動的に補正されます。ディスプレイ上のダイナミックレンジインジケータは、適正な希釈比を設定するようオペレータに促します。エンジンや煙道からのサンプリングを行ったとしても、入念に希釈器を使えば本機のクリーニング周期が大幅に延ばすことができます。専用のツールを使えば、約10分程度でクリーニングできます。

オートゼロを行っているときに本機は、ベースラインの感度を測定してインターフェースへプロットします。オプションの加熱サンプルラインは最大150℃まで加熱できるため、付加的な希釈器を必要とせず、エンジンや煙道からのダイレクトサンプリングを可能にします。

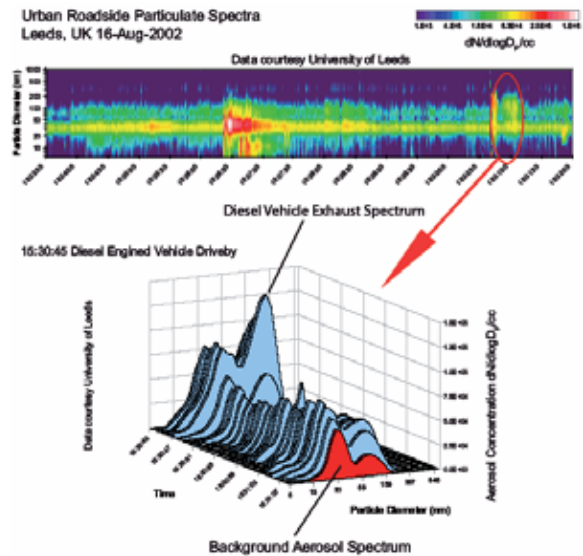
常温のアプリケーションを行うときは、本機正面のサイクロン入口へ導電性のシリコンチューブを接続します。

エアゾールサイエンス向けのアプリケーション

注: エンジン計測用のアプリケーションについては、別冊の資料をご参照下さい—

[www.cambustion.com/products/dms500/engine](http://www.cambustion.com/products/dms500/engine)

大気、道路脇、および室内のエアゾールモニタリング



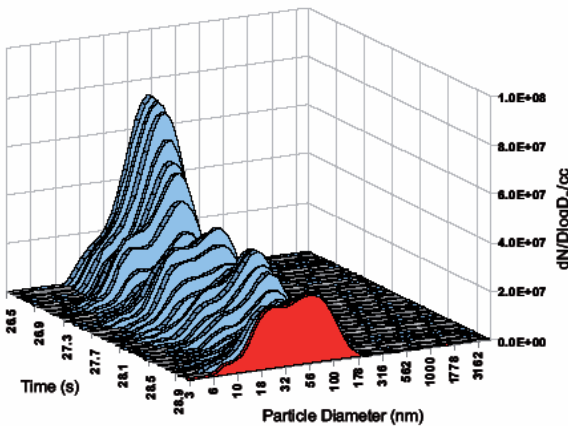
リアルタイム型粒度分布計の中で最も感度の高いDMS500 MkIIは、急変する大気汚染の計測を可能にします。本機は、予め設定されたサンプリング周期の無人運転を可能にし、内蔵のHEPAフィルタシステムを通して自動ゼロ調整を行います。そのためデータファイルの長さに、特別な制約はありません。粒子数濃度がプリセット値を超えたときには、カメラ等の外部機器類を自動的に作動させることができます。応答性が速いと、例えば、道路脇のモニタリングにより特定の車両を識別することができます。

上記に示すサンプルデータは、主にガソリン車が走る道路脇の粒度分布を示したものです。15:26に起きた現象はガソリン車の通過に対応し、核生成モード粒子が排出

された直後のものです。この部分は明らかに、ディーゼル車両が高負荷で通過した15:31の現象と区別できます。取り出したところのハイライト部分は、約75nmの凝集モード粒子を生成する大型ディーゼル車が通過したところを示しています。このデータのバックグラウンド粒子は、2種類のモード粒子で構成されています - これらは主にガソリン車に由来する、粒径約30nmで粒子塊を構成する核生成モード粒子、およびディーゼル車から排出された凝集モード粒子となっています。

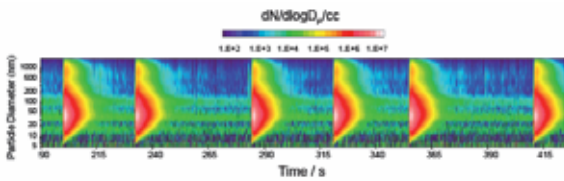
本DMSシリーズは、室内の大気中に浮遊する調理臭、工学的ナノ粒子(ナノチューブを含む)、摩耗臭、および熔接臭(下図)等のモニタリングにも使われています。

Welding Fumes

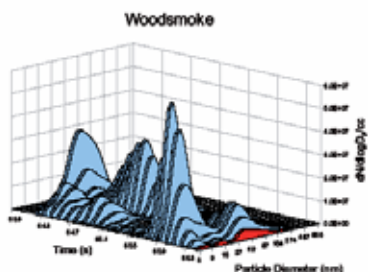


### 薬剤関係

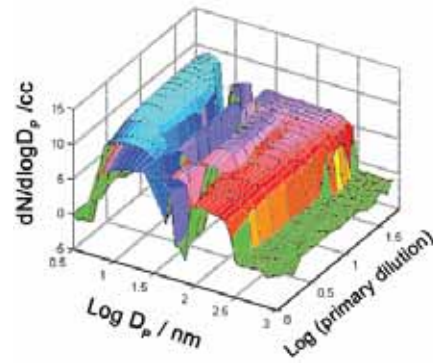
下記に示すプロットは、吸引器から放出される薬剤エアゾールの排出と、その変化の粒度分布を示したものです - リアルタイムで収集されたデータ。



Woodsmoke



上記に示すプロットはDMS500を使い、松を燃やした時の煙の粒度分布を10Hzのデータ周期で示したものです。この粒度分布に示すいくつかの特長は、最後の200-300msのところが目立つ部分です；高速のサンプルレートにも拘わらず、これより応答性が遅い測定器では、細かいところがぼんやりしてしまうことです。



上記に示すグラフは、MgCl<sub>2</sub> の溶液を噴霧した時の火炎をサンプリングした粒度分布を示しています。DMS500が備える一次希釈システムは、希釈用に窒素ガスを流してサンプルプローブを冷やすのに使われ、希釈の関数としての粒度分布を示したプロットとなっています。

(Fennell, P.S., Dennis, J.S. and Hayhurst, A.N. 5th International Seminar on Flame Structure, The Siberian Academy of Sciences, Novosibirsk, July, 2005.)

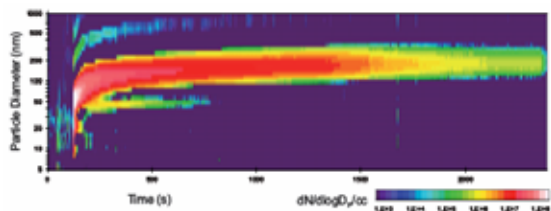
### たばこの煙

DMS500固有のレンジが広く応答性が速い組合せは、たばこの煙を研究する理想的なツールとしています。たばこから立ち昇る煙上部のエアゾール粒径は、通常500 - 1000nm以内の範囲に下がってしまうため、とりわけ正確なマスの計算を行う場合には、この実態を説明するのが極めて重要となります。スモッキングサイクルシミュレータ(SCS)アクセサリは、典型的な希釈条件でコントロールされた喫煙のプロファイルを再現します。SCSの詳細については：[www.cambustion.com/products/scs](http://www.cambustion.com/products/scs)

### エアバッグ / 花火

車両に搭載されたエアバッグが作動すると、短時間で大量のウルトラファイン粒子を発生し、その後大きな粒径の粒子へと変化していきます。本DMS500は、エアバッグ作動直後に放出されたエアゾールや、その後成長したエアゾールの両方を解析するのに非常に適した測定器です。

エアバッグから放出されたエミッション粒子と粒子塊



Data courtesy Ryan Wood, School of Technology, Oxford Brookes University

Data courtesy Ryan Wood, School of Technology, Oxford Brookes University

### その他のアプリケーション

本DMS500は、煙道からのサンプリングやガスタービンの研究等にも適しています。サンプリング手法に関する様々なアプリケーションノートや、これらに関連するデータ類は以下のサイトで入手できます：

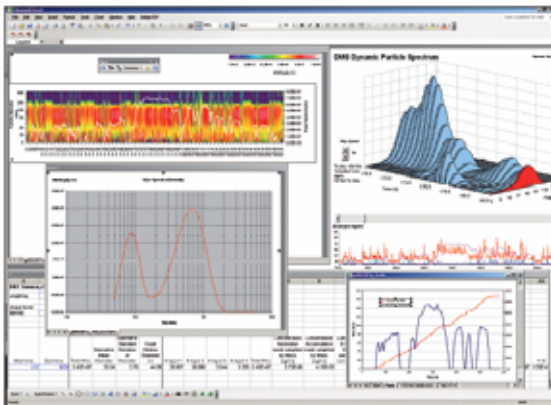
[www.cambustion.com/applications](http://www.cambustion.com/applications)

### パワフルで使い易いソフトウェア

DMS500はデスクトップ型、またはラップトップ型のPCでコントロールされ、プログラム運転、デジタルリモートコントロール、および既存の設備と切れ目なく統合可能な4系統のアナログ入出力等、様々な特長を有しています。

DMS固有のマルチ-ログノーマルフィットは、リアルタイムのデータ近似を行うのにBayesian統計のアルゴリズムを使っています。この近似法は、構成モードのエアゾールを分離するのに使うことができ、全領域が必要とされないときのデータ解析を大幅に簡素化します。またこの手法は粒度の分解能も高くします； $g=1.05$ となる狭い範囲のエアゾールも正確に分析します。ログノーマル関数から計算した粒子のマスは、粒径の大きなところにおける粒度分布の変動で起こるエラーの傾向を受けません。このアルゴリズムは、データ中にあるモードの数を決めるのに、統計的有意性と本機の測定されたノイズベースを使用しています。

PCを使ったソフトウェアには、エラーの検出や警報類も入っています。電源の投入から30分以内で実用状態に達し、サンプルポイントへアクセスすることなく、実験の度に内蔵のHEPAフィルタを通して自動ゼロ調整を行います。



DMS500の操作は、すべてPCからのリモートコントロールで行います。イーサネット通信は、異なる他のPCからの操作に切り換えることもできます。AKプロトコルを使い、シリアルポートに入力するテキストコマンドによる通信もできます。

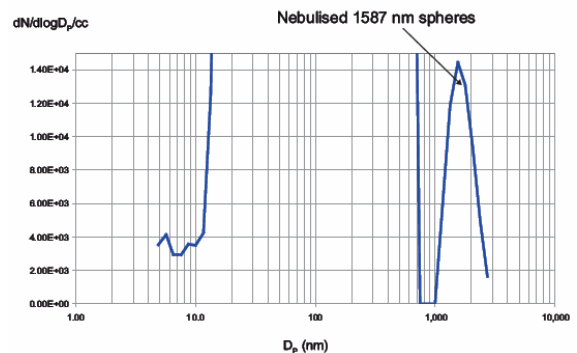
### MS Officeを使うデータプレゼンテーションツール

DMS500のデータファイルは、後処理を必要とせず、これらのデータはタブで区切られたテキスト形式となっています。唯一制限のあるファイルの長さは、長時間のデ

ータが収録できる環境計測に適するよう、使用するハードディスクの容量となります。ひとつのファイルには、全粒径に渡る粒度分布情報と同様、サマリー情報が入ります。プレーンテキスト形式のデータは、MS社のExcel、MATLAB社のScilabまたはこれらと同等のアプリケーションソフトで開くことができます。無償で提供するExcelのアドインソフトは、データ解析に役立ち専用のソフトウェアをインストールすることなく、研究者間で共有してカラーコンチャートプロットやアニメーションを作成できます。アドインソフトで作成したすべてのグラフは、MS Officeと完全に準拠しているため、ダイレクトにパワーポイントへインポートできます。パッケージにあるその他のツールは、特定な粒径範囲のサマリーデータが作成でき、既存データを他のキャリブレーションに適用することもできます。

### キャリブレーション

DMS500の粒径についてはトレーサブルされた標準PSL球(下図)でキャリブレーションされ、何種類かのエアゾールを用いてDMAと比較されます。粒子数のキャリブレーションには、推奨されるCPCと類似した方法でトレーサブルされた標準エレクトロメータが使われます。エアゾールには、実際のスートや揮発性の硫酸も使われます。最後に行う実験的なキャリブレーションは、希釈器を含む本機内部の粒子損失、あるいは理論的な荷電モデルの不正確性を考慮して行われます。データの逆算やキャリブレーションの差し替え等、Cambustionは様々な見地の相談に喜んで応じ、その目的のために技術資料を公開しています。



コロナ放電を利用しているすべての粒子計特有の球形粒子や粒子塊のやや異なる荷電によりCambustionは、実スートをを用いたキャリブレーションを採用しています；これらのキャリブレーションは固体粒子の計測でCPCをベースとしたシステムと良好な整合性を得るため、ディーゼルエンジンやガソリン直噴エンジン、またはフラクタル粒子の多いアプリケーション等で使うことができます。

### 移動計測

Cambustionはまた、卓上試験や移動計測に適したDMS50のモデルも製作しています。詳細については以下のサイトでご覧になれます：  
[www.cambustion.com/products/dms50](http://www.cambustion.com/products/dms50)

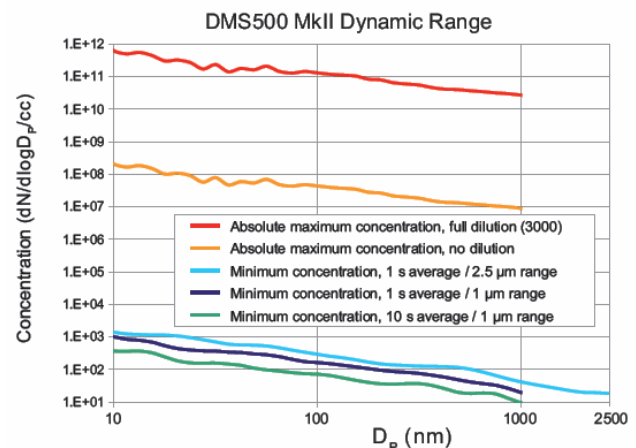
### 仕様:

Particle size range	5 nm–1 μm or 5 nm–2.5 μm versions
Spectral Elements	38 (1 μm) or 45 (2.5 μm) (at 16/decade; 32/decade also available)
Size Classification	Electrical Mobility
Charger Type	Unipolar Diffusion
Dilution Factor Range	1–5 (one stage) 1–3000 (optional two stage)
Sample Flow Rate	8 slpm (1 μm range) / 2.5 slpm (2.5 μm range) at 0°C + 100 kPa
Analogue Outputs	4; software configurable, 0–10V, 47Ω
Analogue Inputs	4; software configurable, ±10 V
Instrument Zeroing	Automatic; internal HEPA filter
Warm-up Time	30 minutes from switch on
Number of Electrometers	22
Minimum resolvable GSD	1.05 (lognormal output)
Output Data Rate	10/sec – 1/min
Time Response	$T_{90-10\%}$ ~ 200 ms (1 μm range) $T_{90-10\%}$ ~ 500 ms (2.5 μm range)
Calibrations: Non-Agglomerate	By NIST traceable PSL spheres & DMA size selected NaCl/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> with standard electrometer.
Agglomerate (soot)	DMA size selected soot, comparison with standard electrometer
Max Concentration	≈ 10 <sup>11</sup> dN/dlogD <sub>p</sub> /cc (diluter on)
Max Data File Length	Unlimited
PC Interface	Ethernet
Remote Control	AK Protocol
PC Option	Laptop or desktop
Electrical Supply	100-115 or 220-240 V 1500 W
Inlet Pipe (No heated line)	6 mm O.D. pipe stub on cyclone
Exhaust pipe connection to heated line	6 mm or ¼ inch Swagelok or ¼ inch BSP thread
Extract for vacuum pump exhaust	12 mm internal diameter pipe exhaust
Compressed air (only for direct engine exhaust sampling)	Oil-free @ 3-8 bar gauge Dewpoint 3°C or lower
Max Primary Dilution & Line Temperature	150°C (with heated sample line)
Max Sample Temperature	800°C (with heated sample line)
Instrument Dimensions / Weight	930h × 380w × 520d mm with wheels / 80Kg
External Pump Dimensions / Weight	4431 × 328w × 372d mm with wheels / 44Kg
Calibration interval	12 months
Warranty period	12 months (extendable)

### 感度:

以下に示す感度の内容は、粒度分布密度の dN/dlogD<sub>p</sub>/cc に関して表記したものです。他の器機の仕様と比較する際、時によりこの感度は、粒度分布の計量基準に不都合な粒径に対する総粒子数濃度 (p/cm<sup>3</sup>) 表現されていることに留意する必要があります (本来限定された粒径範囲の総粒子数で表す時だけ使います)。この表し方で比較する場合には、以下に示す dN/dlogD<sub>p</sub>/cc を 16 で割り算する必要があります。簡単な比較を行うには、下表の最終列に記された N/cc/size の数値をご参照下さい。

RMS at 1 Hz, 1 μm range	dN/dlogD <sub>p</sub> /cc	~ N/cc/class
10 nm	1.0 × 10 <sup>3</sup>	63
30 nm	4.0 × 10 <sup>2</sup>	25
100 nm	1.7 × 10 <sup>2</sup>	11
300 nm	8.0 × 10 <sup>1</sup>	5
Sensitivity to typical Diesel accumulation mode (80 nm, σ <sub>g</sub> = 1.8)	Number: ~170 N/cc Mass: ~0.5 μg/m <sup>3</sup> Indicates typical level at which lognormal mode falls below detection threshold	



DMS500 分級器の主だった特徴点は、Cambustion が保有する以下の特許で保護されています: GB2,374,671 (2003), GB2,378,510 (2003) and US6,828,794 (2004)。

詳細については、以下のサイトに掲載された技術論文やアプリケーションノートをご参照下さい。

[www.cambustion.com](http://www.cambustion.com)



販売元 , テクニカル サポート

**SOKKEN**

株式会社 司測研  
本社: 東京都世田谷区玉堤 1-19-4  
TEL: 03-3703-4391  
FAX: 03-3705-0756  
email: cambustion@sokken.co.jp

総輸入元



森村商事株式会社  
金属事業部 金属1部

本社  
東京都港区虎ノ門 1-3-1 森村ビル  
TEL: 03-3502-6446  
FAX: 03-3502-6427  
email: cambustion@morimura.co.jp