

NANOTRAC SERIES



動的光散乱式
ナノ粒子径分布・ゼータ電位

独自のプローブ技術が提案する新しいナノの世界

MICROTRAC MRB

最新の 粒子特性評価



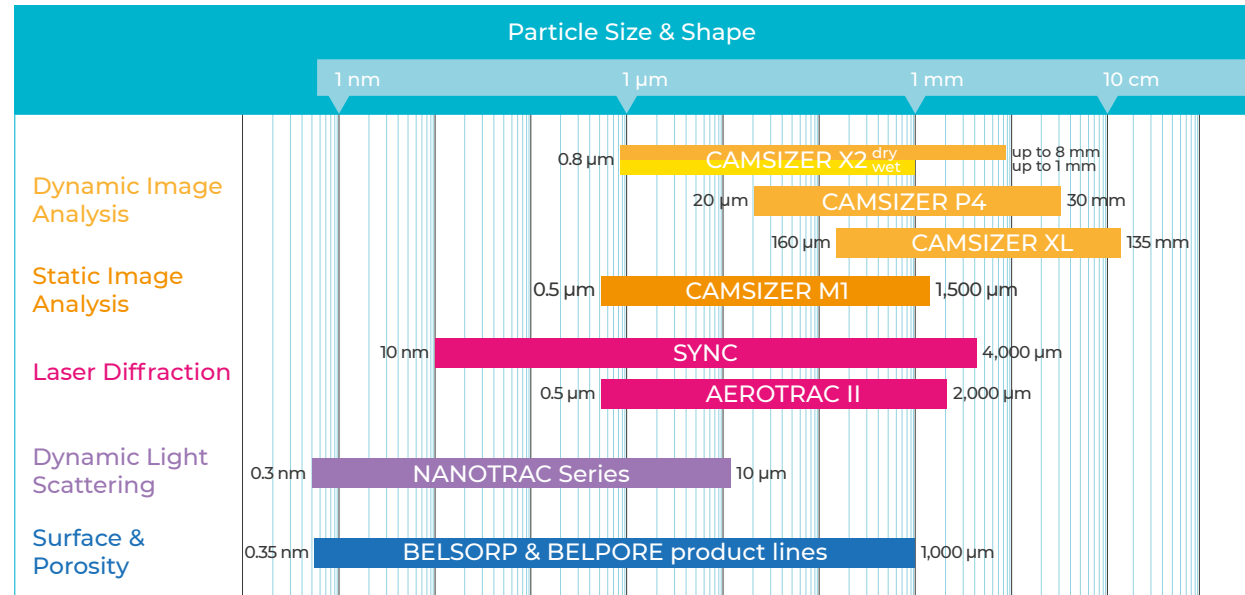
Microtrac MRBは、粉粒体の特性評価における、
ワンストップソリューションを提供します。
革新的な技術と高品質が事業の基盤となっています。

Verder Scientific Groupの一員として、
関係会社・販売会社のネットワークを通じて
全世界にビジネスを展開しています。



MICROTRAC MRB

3つのコア技術



Microtrac MRBは、3つのコア技術による製品ラインをグローバルに展開しています。

Ⅰ 散乱光解析

Microtrac MRBのMicrotracシリーズは、粒子径分布測定の汎用的な方法であるレーザ回折・散乱式装置（静的光散乱）のリーディングブランドです。また、ナノ粒子の特性解析に適した動的散乱式装置もラインナップしています。散乱光解析を用いた製品の開発・生産拠点は、アメリカのペンシルベニア州にあります。

Ⅰ 画像解析

Microtrac MRBのCAMISIZERシリーズは、静的画像解析/動的画像解析の技術で粒子径分布、及び粒子形状を測定する装置を提供します。これらの画像解析式装置はドイツのハーンで開発、製造されています。

Ⅰ 比表面積・細孔分布・真密度・触媒評価

BELシリーズは、ガス吸着法を用いた比表面積（BET）、細孔分布、そして真密度、触媒の評価装置をラインナップしています。開発、生産の拠点は大阪です。

粒子解析の新提案

MICROTRAC MRBによる 動的光散乱

NANOTRACシリーズは、粒子径、ゼータ電位、濃度および分子量に関する情報が得られる非常に柔軟な動的光散乱式測定装置(DLS)です。

MicrotracMRBは、粒子径測定のパイオニアであり、30年以上にわたってDLS装置を開発してきました。NANOTRACシリーズの革新的な設計と信頼性の高い技術により、高精度、高確度、短時間での測定が可能となりました。また、画期的な光学プローブを備え、A4サイズの設置スペースであるコンパクトなDLS装置を実現しました。

独自かつ柔軟なプローブ設計により、あらゆる用途のニーズを満たすため、様々な種類の測定セルから選択することができます。



Microtrac MRB

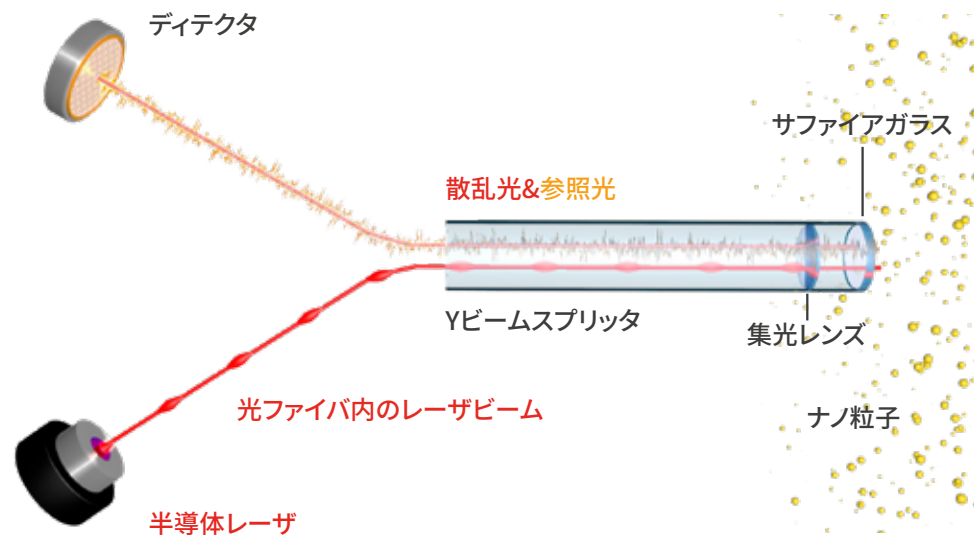
NANOTRACシリーズの特徴

- ▶ 測定範囲0.3nm~10 μ m
- ▶ 高濃度測定 ~40wt%
- ▶ 最小容量5 μ l
- ▶ 測定時間 30秒~
- ▶ サンプルに関する予備知識は不要
- ▶ 光子相関法にかわる、周波数スペクトル解析法ならびにホモダイン方式にかわる、ヘテロダイン方式を採用
- ▶ わずらわしい分布関数の設定不要
- ▶ 単峰性、多峰性、シャープ、ブロードサンプルの豊かな分布表現
- ▶ 180°後方散乱光検出機構
- ▶ 独自の光学プローブを備え、A4サイズの設置スペース
- ▶ 直接検出方式による低濃度から高濃度までの安定したデータ
- ▶ バックグラウンド測定の採用による様々なノイズ低減
- ▶ 温度範囲 4~90°C(温調オプション)
- ▶ 繰り返し精度 ~1%(PS 100nm)
- ▶ ISO13099-2:2012および22412:2017
- ▶ FDA21CFR Part11準拠



NANOTRACシリーズ

NANOTRACシリーズの測定原理



NANOTRACシリーズは、Yスプリッタを備えた光ファイバのプローブを採用しています。レーザー光は、プローブのサファイアガラス面と分散液との界面におけるナノ粒子に焦点が合わせられています。高屈折率サファイアガラスは、レーザー光の一部を反射して参照光としてディテクタに戻します。また、ナノ粒子から得られた180度方向の散乱光は同じディテクタに戻ります。ナノ粒子からの散乱光は、参照光に比べ微弱な信号となります。

周波数がわずかに異なる2つの波をかさねると、その周波数の差に等しい周期で「うなり」が生じます。

この「うなり」から必要な情報を取り出す手法をヘテロダイン法と呼び、光子相関法(PCS)で一般的に使われているホモダイン法に比べ最大106倍のSN比で検出可能です。

検出された光強度信号を高速フーリエ変換(FFT)すると、線形の周波数パワースペクトルが得られます。これを対数スケールに変え、独自のアルゴリズムで解析することで、粒子径分布が求められます。

また、NANOTRACシリーズでは、直接検出方式を採用しており、上図のように粒子に直接レーザー光を照射し、後方散乱光を検出する機構であるため、光路長が短く、右図で示す通り、高濃度での多重散乱の影響を抑え低濃度から高濃度まで安定したデータが得られます。

上図：分散液中のナノ粒子は、熱運動する溶媒分子とのランダムな衝突により

ブラウン運動と呼ばれる運動を行っています。

小さい粒子は、大きい粒子に比べ速く動きます。

ブラウン運動している粒子にレーザー光を照射すると、その速度に依存し、散乱光の周波数にズレが生じます。

この現象をドップラー効果と呼びます。

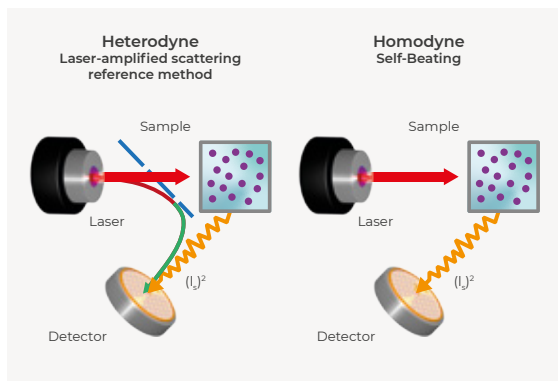
ブラウン運動の速さは直接測定できないため、このドップラーシフトした散乱光を測定し、その周波数成分を解析することにより粒子径分布を求めることができます。

周波数解析法とヘテロダイン法を利用することで、あらゆる粒子径分布(単峰性、多峰性、シャープ、ブロード)を光子相関法(PCS)のようなわずらわしい分布関数の解析不要で適切な分布形状が得られます。

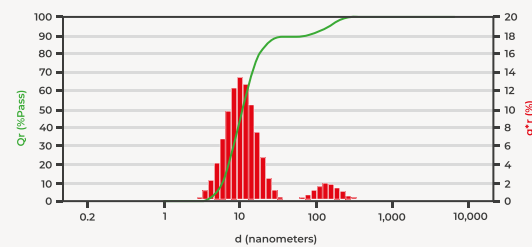
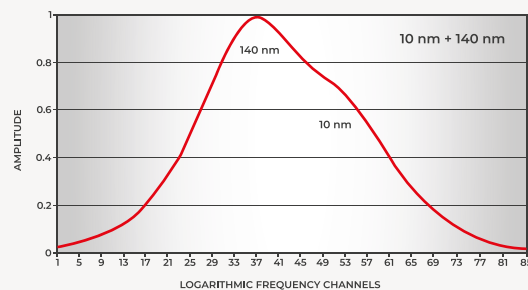
特長

- ▶ ファイバプローブによるコンパクトな光学系
- ▶ レーザ増幅検出技術
- ▶ 業界最高水準のS/N比を実現
- ▶ 濃度や分布の形状に依存せずに測定が可能
- ▶ 180°後方散乱光検出機構
- ▶ 1台で粒子径、ゼータ電位、分子量、濃度測定が可能

NANOTRACシリーズのヘテロダイン法は、微弱な信号を検出しやすい信号レベルとして検出できるだけでなく、微小な周波数の差異を検出するのに有効な手法です。



周波数スペクトルから粒子径分布への変換例



1. 粒度分布を推定します
2. 推定粒子径を算出します
3. 粒子径誤差を計算します

4. 正しい推定分布
5. エラーが最小になるまで1~4を繰り返します
6. 最適な粒子径分布を出力



NANOTRAC FLEX

フレキシブルな測定

- | 最もフレキシブルなDLS
- | 独自の外部プローブ設計
- | In situ にて測定、モニタリング
- | お使いの容器がそのままサンプルセルに
 - キュベットセル廃棄ゼロ
- | 消耗品不要
- | 外部プローブによるディップイン・ワンドロップ測定
- | 有機溶剤対応
- | A4サイズの設置スペース



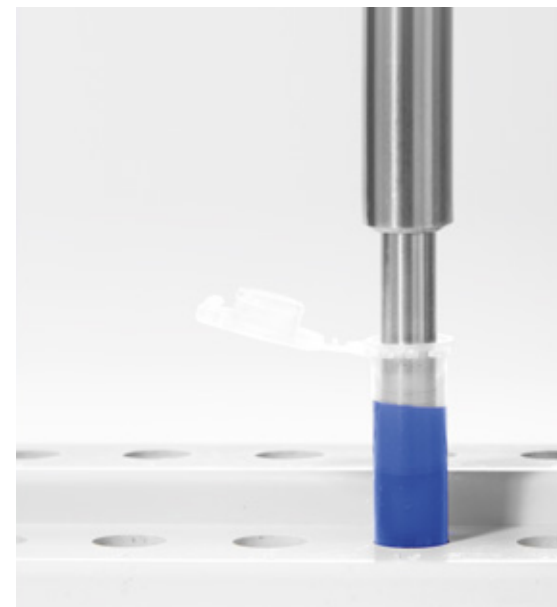
NANOTRAC FLEXの独自のプローブ設計により、左上のように、1滴のみ『ワンドロップ測定』が可能です。必要なサンプル量は最小限で済みます。また、このプローブは右上のように、1.5mL Eppendorf Tube®に簡単に収まります。

NANOTRAC FLEXプローブは、様々な種類のサンプル測定の際に、非常に簡単かつ迅速に洗浄することができます。

NANOTRAC FLEXでは、あらゆる容器を測定容器として使用することができ、キュベットセルなどは必要ありません。これにより、プローブをライン中に挿入し、反応中に成長する粒子をモニタリングすることができます。反応の間、分散液は流れているか攪拌されており、この分散液の動きがブラウン運動を不明瞭にしてしまい、通常はDLSの測定ができません。右下のように、フローガードを使用することで、攪拌中や移送中の液体で測定することができます。フローガードは、プローブの周りに囲いを作り、乱流から測定面を遮断します。これにより、プローブ界面での攪拌運動を減速させつつ、ガード内部へ確実に一定の試料が供給されるようになっています。この設計により、ライン中の懸濁液を代表する粒子径分布が得られます。



ワンドロップ測定



Eppendorf Tube®によるディップイン測定

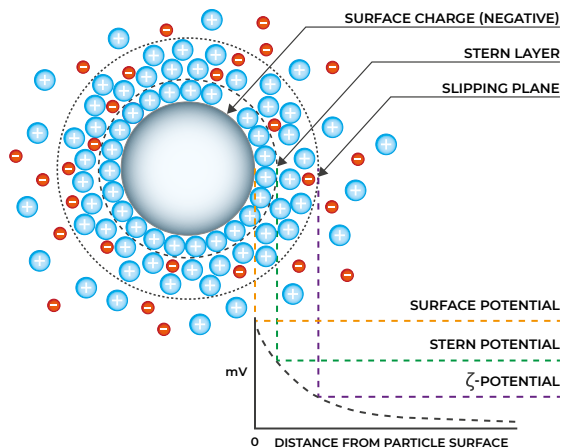


ビーカーまたは任意の他の容器中での測定



容器内のフローガードによる測定

NANOTRAC WAVE II

粒子径分布・ゼータ電位
測定装置

特徴

- ▶ サンプルの入れ替えや電極交換不要
- ▶ 粒子径・ゼータ電位ワンステップ測定
調整不要
- ▶ 高速で電場を反転させ、電気浸透流を防止
- ▶ 周波数スペクトル解析法
- ▶ 高濃度ゼータ電位測定
- ▶ 分子量測定
- ▶ ヘテロダイン法
- ▶ 高SN比

マイクロトラックMRBの動的光散乱式粒子分析装置によるゼータ電位の測定は、ナノ粒子の粒度分布の測定に使用されているのと同じパワースペクトル手法を利用しています。同じ安定した光学系のサンプルインターフェイスを使用しているため、調整の必要がありません。後方散乱とレーザー増幅された検出信号は、粒子径測定と同様に収集され、印加された電場の迅速なシークエンスにより、エレクトロスモシスを防ぎます。光学プローブのインターフェイス表面は、サンプルと電氣的に接触するようにコーティングされています。2つのプローブを使用し、1つはスリップ面での粒子の電荷の極性を測定し、もう1つは電界中での粒子の移動度を測定します。極性はパルス電界で測定し、移動度は高周波

の正弦波電界の励起で測定します。ゼータセルには、極性と移動度を検出するための2つの検出プローブが、反対側に設置されています。

線形周波数のパワースペクトル分布 (PSD) から、粒子濃度に比例するLoading Index (LI) を算出することができます。ローディングインデックスの値は、粒子の移動度 (ミクロン/秒/ボルト/cm) と粒子の極性 (+/-、正または負) を決定するのに使用できる全散乱の単一の数値を提供します。

移動度とゼータ電位の測定は、まずPSDを測定し、励起をオフにしてLIを決定します。その後、高周波の正弦

NANOTRAC WAVE II Q

コロイド系の正確な測定



波をオンにしてPSDを測定し、比率を求めます。極性は、パルス状のDC励起の前後でLIを測定することで決定される。励起後のLIを励起前のLIで割った比率が1より小さい場合は正極性（濃度が減少）、1より大きい場合は正に帯電したプローブ表面の負極性（濃度が増加）となる。

移動度 = $C \times ([PSD(on) - PSD(off)] / LI(off))$ の比
ゼータ電位 \propto 移動度

Microtrac MRB社のNanotracシリーズでは、パワースペクトルとローディングインデックスを測定することで、サンプル濃度を計算することもできます。濃度は、分布計算に応じて、 cm^3/ml や N/ml などの適切な単位で表示されます（下図）。また、流体力学的半径やデバイプロットを用いて分子量を算出することも可能です。

Mode Summary (INT)				
d(nm)	Pct	Width	C(l)	C(V):cc/ml
9,87	88,97	5,36E+00	9,7E-02	1,07E-02
139,3	11,03	6,06E+01	1,2E-02	6,79E-07

Mode Summary (NUM)				
d(nm)	Pct	Width	C(l)	C(N):N/ml
9,87	100,00	5,36E+00	9,7E-02	2,11E+16
139,3	0,00000	6,06E+01	1,2E-02	4,8E+08

MICROTRAC MRB

アプリケーション

汎用性は動的光散乱式測定装置(DLS)の大きな強みです。

これにより研究開発、そして製造技術・品質管理で幅広く使用されています。Microtrac MRBのNANOTRACシリーズは、測定操作がとても簡単であり、日常のメンテナンスも非常にシンプルです。0.8~650nmの極めて広い粒子径測定範囲により、様々なアプリケーションで幅広く利用されています。

典型的な応用分野

- ▶ インク・塗料・顔料
- ▶ コーティング
- ▶ 化学品
- ▶ 研磨剤

- ▶ コロイド
- ▶ 高分子
- ▶ エマルション
- ▶ 接着剤

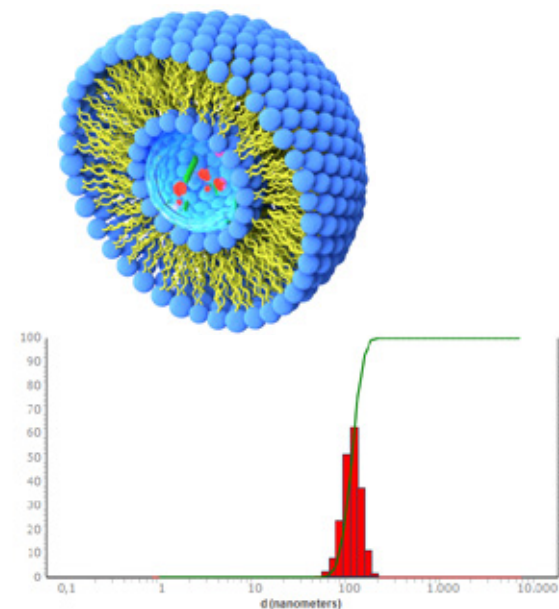
- ▶ 医薬品
- ▶ ライフサイエンス
- ▶ 飲料・食品
- ▶ 化粧品

- ▶ 金属粉体
- ▶ 工業用鉱物
- ▶ セラミック
- ▶ 電池材料

ドラッグ・デリバリー・システム(DDS)の構成粒子 - 抗癌剤の担体

ドラッグデリバリーシステム(DDS)は、全身に対する副作用は抑制しつつ、薬物を患部へ効果的に送達できるシステムです。DDSを構成する粒子の大きさを制御すれば、必要な量の薬剤を生体内の特定の部位から吸収させることができます。DDSとしては、リポソームがよく用いられています。リポソームは、生体内の膜と同じ二重構造の脂質膜の中に、独立した内部水層を有するリン脂質カプセルです。

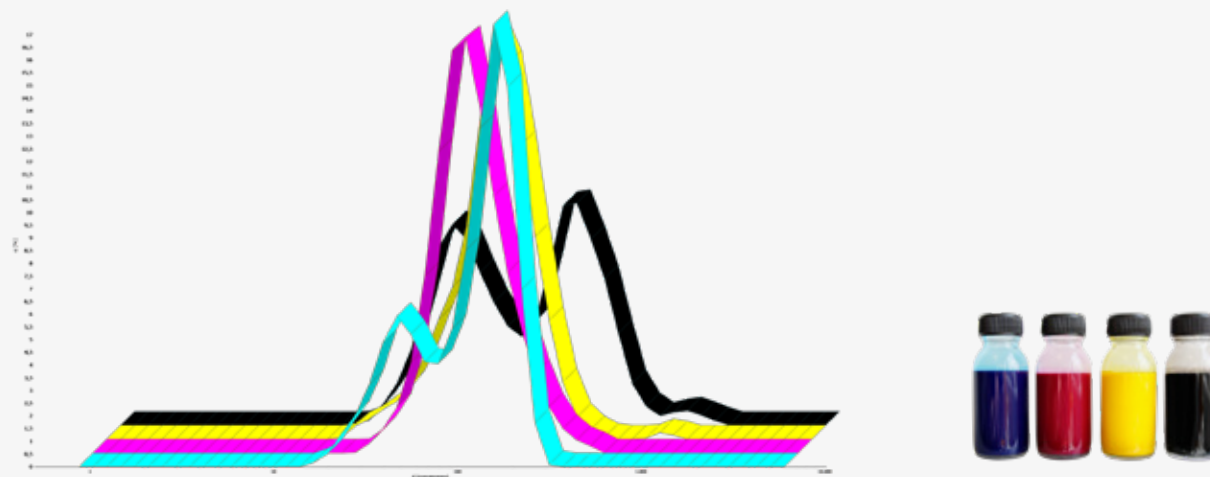
これは、副作用を抑える効果が非常に高く、そのため抗癌剤の担体として開発されています。また、化粧品の分野では、化粧品の機能性成分を角質層に効率よく浸透させることができることから、最近では様々な製品に使用され始めています。



インク・顔料の粒子径 - デファクトスタンダード

現代の印刷インクには多くの成分が含まれており、それぞれが色の保持、強度、分散、粘度、粉碎助剤といった特定の目的を有しています。結果として生じる光の散乱は、耐光性、濃淡、色の強度に影響します。

右図は、インクジェットプリンタが広く使用されるようになったきっかけのひとつに、高精細化による高画質化があることがあげられます。高画質化を可能とした要因はメディアによるところが大きいです。発色性に優れ、吐出が安定し、目詰まりしない水溶性インクの存在なしには考えられません。



非希釈インクの粒度分布
(強度分布)

その他のソリューション

付属品および仕様



NANOTRAC フローガード (NANOFLEX)

| NANOTRAC フローガードは、反応容器または配管などのプロセス環境中のDLS測定に可能性を広げました。



NANOTRAC WAVE II サンプルセル

| NANOTRAC WAVE II では、フッ素樹脂製またはステンレス製の取り外し可能かつ繰り返し利用可能なサンプルセルを、様々な容量 (50 μ L~8.0mL) でご用意しています。



NANOTRAC WAVE II 粒子径分布・ゼータ電位用サンプルセル

| 粒子径分布・ゼータ電位用サンプルセルは、簡単に取り外して洗浄し、再び装置にセットできます。



NANOTRAC WAVE II Q用 キュベットセル

| NANOTRAC WAVE II Qでは、ガラスやプラスチック製の様々な容量のキュベットセルをご用意しています。



ZETRATOR

| ZETRATORは、酸、塩基、および塩を滴定するために使用することができます。それは、2~12のpH範囲をカバーし、1、3または5の異なる滴定剤を有することができます。最小用量は20 μ lです。

システム	NANOTRAC FLEX	NANOTRAC WAVE II	NANOTRAC WAVE II Q
測定原理	後方散乱レーザー増幅散乱参照法		
計算方法	FFTパワースペクトル		
測定角度	180°		
測定範囲	0.3 nm - 10 μm		
ゼータ電位測定	-	✓	-
ゼータ電位測定測定範囲	-	-200 mV - +200 mV	-
ゼータ電位測定粒子径範囲	-	10nm~20μm	-
電気泳動移動度	-	0 - 15 (μm/s) / (V/cm)	-
導電率測定	-	✓	-
伝導率範囲	-	0 - 10 mS / cm	-
分子量測定	✓		
分子量範囲	<300 Da -> 20 x 10 ⁶ Da		
温度範囲	+4°C~+90°C		
温度精度	± 0.1°C		
温度機能	-	-	✓
温調範囲	-	+4°C~+90°C	+4°C~+70°C(PEキューベット) +4°C~+90°C(ガラスキューベット)
滴定	-	✓	-
オンライン/インライン測定	✓	-	-
再現性(粒子径)	≤ 1		
再現性(ゼータ電位)	-	+ / - 3%	-
試料量(粒子径)	one drop - ∞	50 μl - 2 ml	50 μl - 3 ml
試料量(ゼータ)	-	150 μl - 2 ml	-
濃度測定	✓		
サンプル濃度	最大40w%		
使用可能溶媒	水、極性および非極性の有機溶媒、酸および塩基 (NANOTRAC WAVE II Qではキューベットに依存)		
光源	半導体レーザー(クラス1) 波長: 780nm、出力: 3mW		
湿度	90%以下 (結露なきこと)		

マイクロトラック社

215 Keystone Drive
PA-18936 Montgomeryville
USA

TEL: +1 888 643 5880
marketing@microtrac.com
www.microtrac.com

マイクロトラック・レツェ社

Retsch-Allee 1-5
42781 Haan
Germany

TEL: +49 2104 2333 300
info@microtrac.com
www.microtrac.com

マイクロトラック・ベル株式会社

〒559-0031
大阪市住之江区南港東8-2-52

本社・大阪営業所
大阪アプリケーションラボ
東京営業所
東京アプリケーションラボ
名古屋営業所

info@microtrac-bel.com
www.microtrac.com

TEL: 06-6655-0362

TEL: 03-6457-6707

TEL: 052-288-0792

VERDER
scientific

VERDER SCIENTIFIC

SCIENCE
FOR SOLIDS

ヴァーダー・サイエンティフィックは、ヴァーダーグループに属する事業部門で、粉粒体の研究開発や分析、品質管理に使用されるラボ用分析装置の開発・製造・販売を行っています。

ヴァーダーグループは研究所、製造部門、品質管理部門、そして様々な業種の専門家や科学者の多岐にわたる課題を解決するため、数十年にわたり最先端かつ信頼性の高い装置を提供し続けています。

