



動的光散乱式 粒子径分布・ゼータ電位測定装置

NANOTRAC WAVE II SERIES

粒子径：0.8～6500nm
ゼータ電位：-200～+200mV

未来をひらくナノの表現力 NANOTRAC WAVE II

1972年、世界で初めてレーザを用いた粒子径分布測定装置がアメリカで開発されました。

その名はマイクロトラック。

以来さまざまな革新を重ね、粒子径分布測定装置の分野において、

我々は世界最先端のメーカーに成長しました。

21世紀はナノテクの時代と言われ、幅広い分野で“ナノの新しい世界”が広がっています。

この広がるナノの世界において、これまでお客様に定評のあったUPA※シリーズを

さらに進化させ生まれたのが「NANOTRAC WAVE II」です。

測定原理としてヘテロダイン法、周波数解析法など最先端技術を採用し、

広範囲な濃度測定、高精度・高分解能を実現しています。

長年の経験の中で培われた技術力と品質でナノに秘められた可能性をお客様にお届けします。

「NANOTRAC WAVE II」が“ナノの新しい世界”へのご案内します。



※UPAシリーズ

The "Wave" changes your world.



原理・特長 PRINCIPLE, FEATURES

微の探求

I 測定原理 (動的光散乱法: DLS)

粒子の大きさが数 μm 以下になると、粒子は、熱運動する溶媒分子との衝突によって、不規則な運動をします。

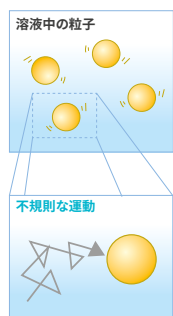
この運動をブラウン運動と呼びます。小さい粒子は、大きい粒子に比べて速く動きます。

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

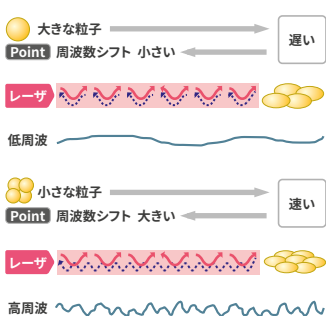
この現象をドップラー効果と呼びます。

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。

ブラウン運動の図



粒子の大きさと周波数の関係



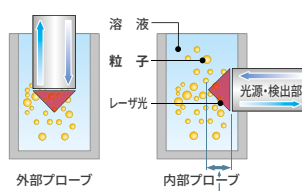
I 低濃度から高濃度まで安定したデータ

光学プローブによる後方散乱光測定

粒子に直接レーザ光を照射し、後方散乱光を検出する機構であるため、光路長が短く、高濃度での多重散乱の影響を抑え、安定したデータを得られます。

直接検出方式 (NANOTRAC)

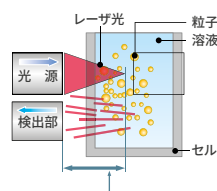
光学プローブにて粒子に直接レーザ光を照射



光路長が短い
(ノイズを低減し、後方散乱光を高効率に検出できる)

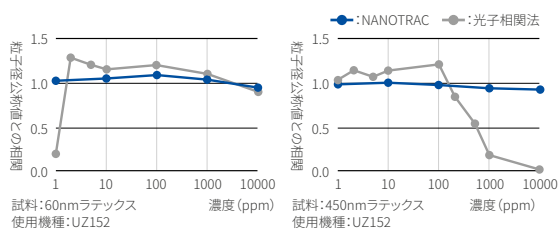
セル検出方式

セルの外から粒子にレーザ光を照射

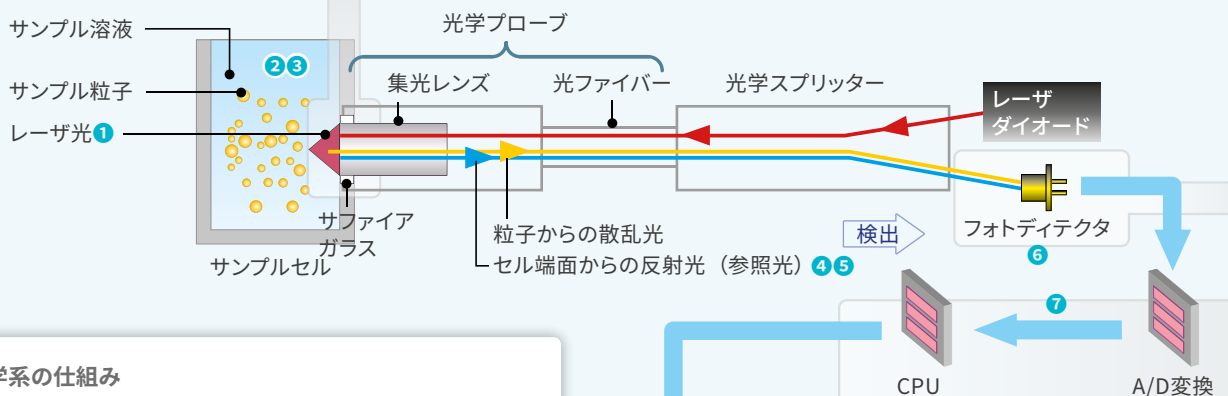


光路間が長い
(多重散乱が生じ易く濃度依存性が生じる)

広い濃度範囲で安定したデータを示すNANOTRAC



NANOTRAC WAVE II 光学台



光学系の仕組み

- ① レーザ光を粒子に照射
- ② 光学プローブで粒子の後方散乱光を直接検出
- ③ 粒子はブラウン運動しているため、その運動速度によって、散乱光の周波数にズレが生じる (ドップラー効果)
- ④ セルの端面で反射した光 (参照光) を検出
- ⑤ ②&④の波を重ねると、周波数の差に等しい周期で「うなり」が生じる
- ⑥ ヘテロダイン法で「うなり」から必要な情報を取り出す
- ⑦ 高速フーリエ変換を行い、周波数スペクトルへ変換する
- ⑧ 周波数を独自のアルゴリズムで解析し、粒子径分布を算出する

※ キュベットモデルでは、サンプルセルがポリスチレンあるいはガラスになります。

I ヘテロダイン法の採用

周波数がわずかに異なる2つの波を重ね合わせると、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いいます。

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、微少な周波数の差異を検出するのに有効な手法です。NANOTRACでは、セル部での反射光(周波数:一定)を参照光とし、これに微弱な散乱光(周波数:粒子径に依存)を重ね合わせることで生じる「うなり」を検出しています。

このため微弱な散乱光からドップラーシフト光の周波数情報を精度良く測定することが可能です。

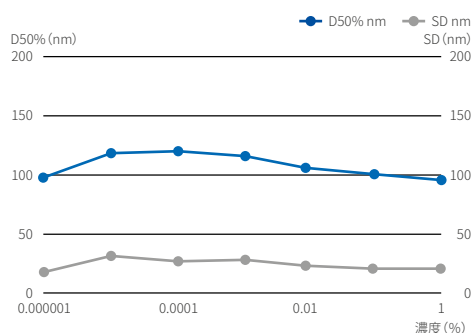
I バックグラウンド測定

NANOTRACでは、より信頼性の高いデータを得るため、試料投入前の測定系内の状態をバックグラウンドデータとして測定し、試料投入後の検出データから差し引きます。溶媒中の粒子、光学系の汚れ、電気系の微弱なホワイトノイズをも除去し粒子径分布データを求めます。

このデータはグラフとしても表示でき、日々の装置のメンテナンスデータとしてもご利用いただけます。

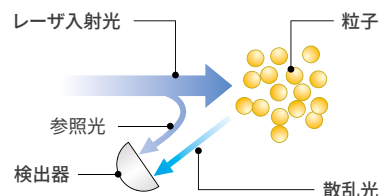
広い濃度範囲で 安定した データ出力 100万倍濃度差での安定測定

試料:100nm ラテックス
使用機種:UZ152

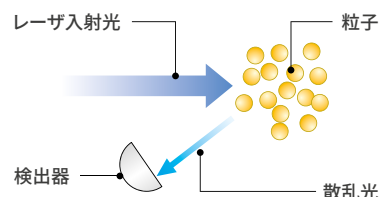


微弱信号の検出に 有効なヘテロダイン方式を採用

ヘテロダイン方式(ナノトラック)



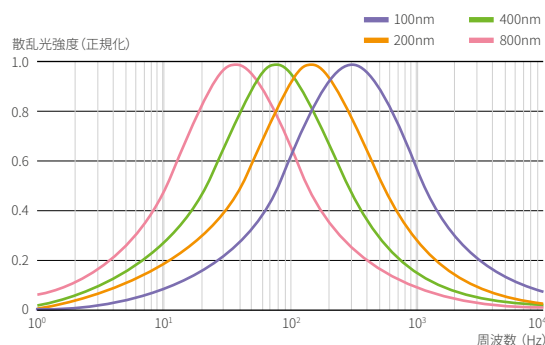
ホモダイン方式(他社)



I 独自の周波数解析アルゴリズムの採用

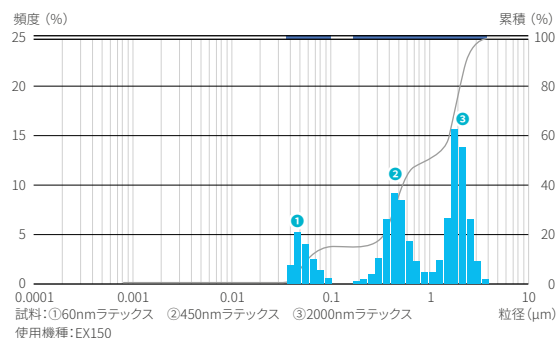
検出した散乱光は高速フーリエ変換 (FFT) され、散乱光強度 (信号強度) vs 周波数のスペクトルへ変換されます。周波数スペクトルは、粒子の大きさ、溶媒の物性によって特徴のあるパターンを示します。NANOTRACでは、この周波数スペクトルを独自の周波数解析アルゴリズムで解析し、粒子の大きさに依存する散乱効率を考慮して体積基準の粒子径分布を算出しています。

粒子径特有の周波数スペクトルを 利用した周波数解析法を採用



高分解能データ

NANOTRACならではの3種混合試料の測定例



豊富なラインナップ ABUNDANT LINEUP

ニーズに合わせた測定手法

粒子径測定 幅広い濃度対応

NANOTRAC WAVE II EX150

20年間の実績をもつ洗練されたモデル
(ナノトラックUPAシリーズの後継機種)

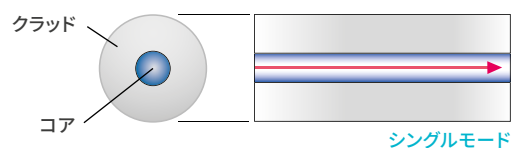


Ⅰ 極低濃度サンプルを測定したい!

粒子径測定 シングルナノや
極低濃度サンプルに適したモデル

NANOTRAC WAVE II UT151

シングルモードファイバーは、伝送距離が揃っており、光の減衰が少ないため、シングルナノ粒子や極低濃度測定に適しています。



Ⅰ ゼータ電位を測定したい!

粒子径測定 ゼータ電位測定オールインワンモデル

NANOTRAC WAVE II UZ152

- 粒子径・ゼータ電位をワンステップ測定
- 広い濃度範囲で、高い再現性
- 高精度・高分解能測定

Ⅰ 選べる粒子径測定セル

樹脂製 (PTFE) 標準タイプ



容量: 200 μ L ~ 2.0mL

ステンレスセル (オプション)



温調: 可 (5 ~ 50 $^{\circ}$ C) 容量: 200 μ L ~ 2.0mL

大容量SUS温調なしタイプ (オプション)



容量:
3.0mL ~ 8.0mL

大容量SUS温調タイプ (オプション)

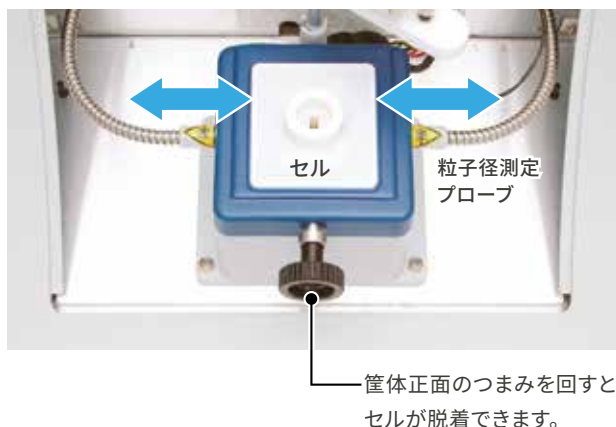


温調: 可 (5 ~ 50 $^{\circ}$ C)
容量:
3.0mL ~ 7.0mL
(キャップ装着時:
5.5mL最大)

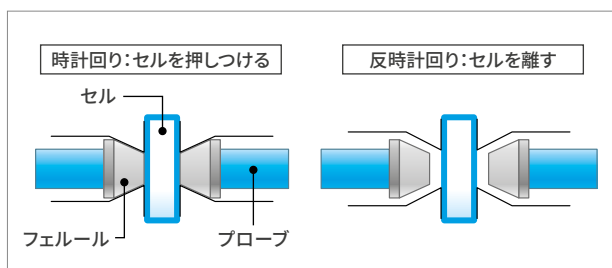
Ⅰ 測定セルを丸洗いしたい！

測定セルがワンタッチで脱着できるようになりました。

※大容量SUS温調無しタイプを除く



スムーズな脱着を可能にしたフェルールシール方式採用



Ⅰ 洗浄方法

スポイトを使用し、3～4回の溶媒の入れ替えて洗浄可能。



Ⅰ サンプルセルを選ばない！柔軟な測定が可能

粒子径測定 外部プローブモデル

NANOTRAC FLEX 姉妹品



Ⅰ 独自のプローブ設計で広がる...可能性

- 1滴のみの『ワンドロップ測定』が可能、最小限のサンプル量で測定が行えます
- 非常に簡単、迅速に洗浄することが可能



ゼータ電位測定 UZ152 ZETA POTENTIAL ANALYSIS UZ152

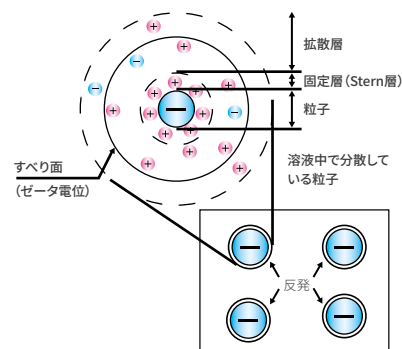
分散の探求へ

I ゼータ電位とは

微粒子が溶液中に存在すると、粒子の表面電荷と逆符号のイオンが引き寄せられ、電気二重層を形成します。

このイオンは粒子の周りに、固定層 (stern層) と拡散層を形成すると考えられています。

粒子からある距離までの厚みの溶媒は粒子と共に動きます。この境界を「すべり面」と呼び、すべり面での電位をゼータ電位と呼びます。ゼータ電位の絶対値が増加すると、粒子間の反発力が増し、分散性が良くなることから、ゼータ電位の測定によって粒子の分散安定性を評価出来ます。



I 原理・特長

●測定原理：電気泳動法

溶液中の粒子表面は、電荷を帯びています。外部から電場を印加すると、粒子は電荷の符号に応じて陽極もしくは陰極に向かって動き出します (電気泳動)。この粒子の泳動速度を測定し、スモルコフスキーの式より、ゼータ電位を求めます。

●粒子径・ゼータ電位をワンステップ測定

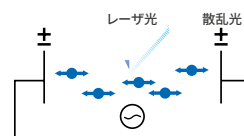
サンプルの入れ替えや電極の交換などが不要です。

●広い濃度範囲で、高い再現性

独自の技術 (プローブ構造、ヘテロダイン方式による信号検出) により広い濃度範囲で、安定した測定が可能です。

●高精度・高分解能測定

粒子径分布測定で培った測定ノウハウ (周波数解析法、MPS※法) を応用し、信頼性の高い測定を実現します。



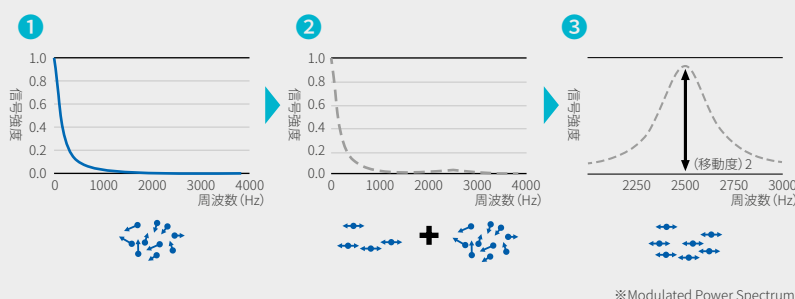
スモルコフスキーの式

$$u = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 \zeta}{\eta}$$

u : 電気泳動速度
 ε_0 : 真空の誘電率
 ζ : ゼータ電位
 ε_r : 溶媒の比誘電率
 η : 溶媒の粘度

MPS※法では、以下の流れで測定が行われます。

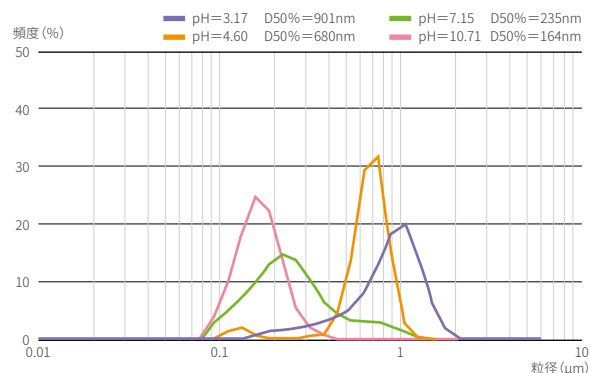
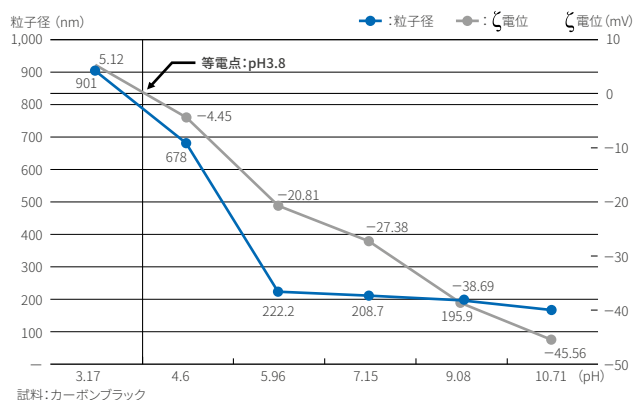
- ① ブラウン運動によるパワースペクトルを求めます。
- ② 電場を加えたパワースペクトルを求めます。
- ③ “②” で得たパワースペクトルから “①” で得たパワースペクトルを引き、電場のみのパワースペクトルを得ます。このパワースペクトルから、粒子の速度を求めます。パワースペクトル解析により求めた粒子速度を、スモルコフスキーの式に代入し、ゼータ電位を計算します。



I 用 途

コロイド粒子の分散・凝集挙動、表面改質の評価

測定例〈分散溶液pH変化と試料分散状態、粒子径分布の評価〉



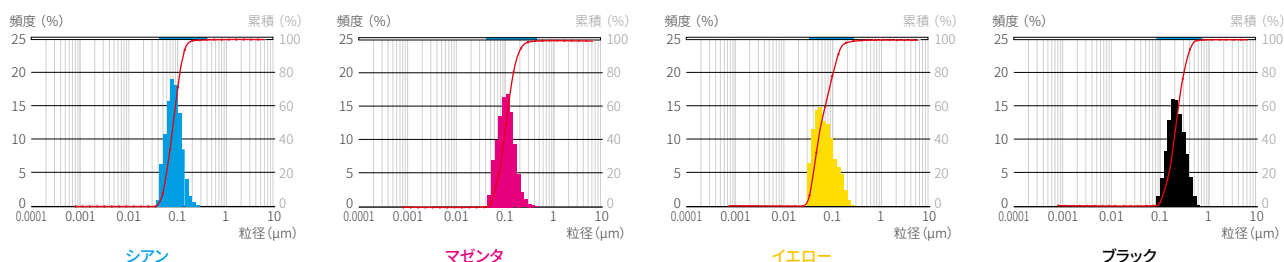
アプリケーション APPLICATIONS

ナノの世界を拓く

NANOTRAC WAVE II シリーズは化学・機械・金属・医薬・製薬・化粧品・インク・塗料・顔料など様々な分野でご使用いただいています。ここでは、本装置を使用した各種測定例をご紹介します。ナノの新しい世界が拓がります。

I インク

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であることが挙げられます。高画質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が、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が存在なしには考えられません。

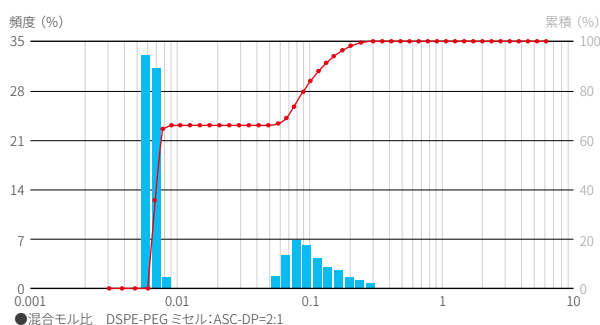


I DDS (ドラッグデリバリーシステム)

必要とされる量の薬剤を体内の特定部位にのみ吸収させるには、その薬剤を構成している粒子についての粒子径コントロールが必要です。本装置ならばナノ微粒子製剤の高分解能測定が可能です。

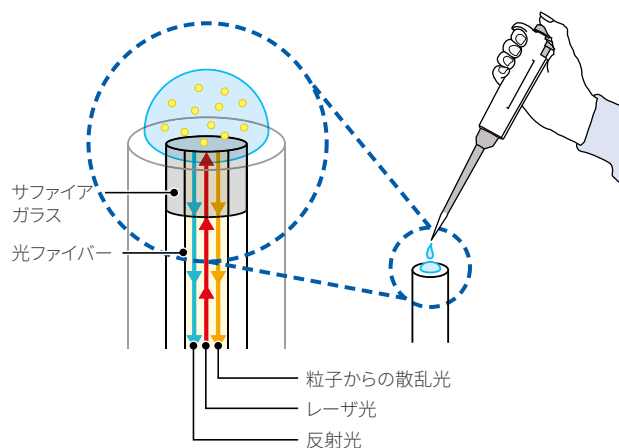
ナノ微粒子製剤の高分解能測定例

DSPE-PEG ミセル+アスコルビン酸誘導体 / DSPE-PEG 複合ナノ粒子



I ワンドロップ方式

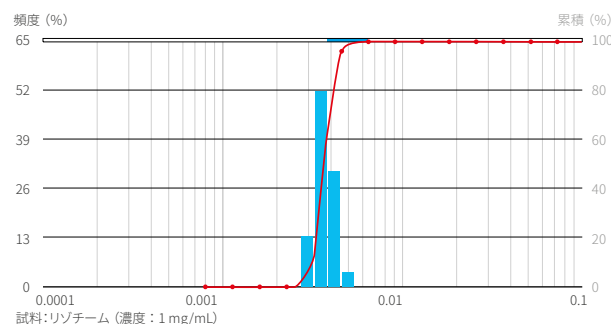
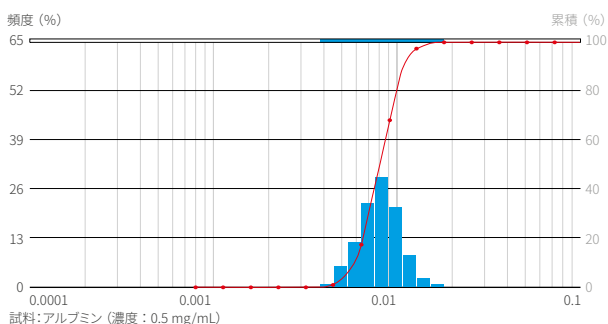
ほんの一滴での粒子径分布測定が可能です。



I タンパク質

タンパク質を結晶化するプロセスにおいて、タンパク質が溶液へ均一に分散(単分散)していることは非常に重要なファクターです。本装置はタンパク質分散液の粒子径分布を高精度に測定し、分散状態を適切に評価することが可能です。

極低濃度の高分解能測定例



ソフトウェア SOFTWARE

お客様の声をカタチに

DMS II (Data Management System) 4つの特長

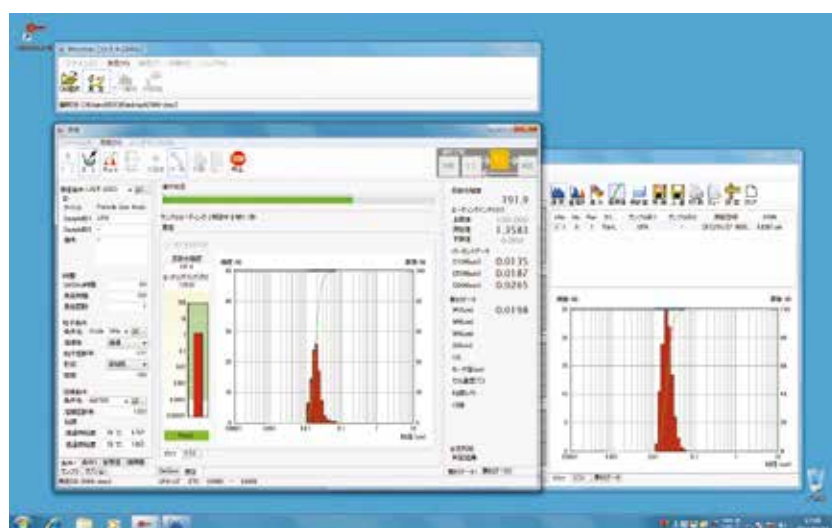
①簡単操作

- Auto測定モードを搭載し、ワンクリック操作で測定可能
- 粒子屈折率・溶媒屈折率等、測定に必要な情報は、測定条件として登録可能です。予め測定条件を登録しておくことで、次回以降の測定では、一から条件を入力する手間が省けます



②豊富な解析機能

- **重ね描き**：複数の測定結果を、1つのグラフ上で表示
- **差分**：2つの測定結果を比較し、それらの差分を表示
- **時系列**：連続して測定した粒子径分布結果を、時系列で表示
- **統計**：複数の測定結果について、算術平均を計算可能
- 測定結果の再計算およびID修正が可能
- 任意の品質管理値を設定し、登録することが可能。登録された管理値と測定結果を比較し、測定結果の良し悪しを判断する“合否判定機能”を搭載



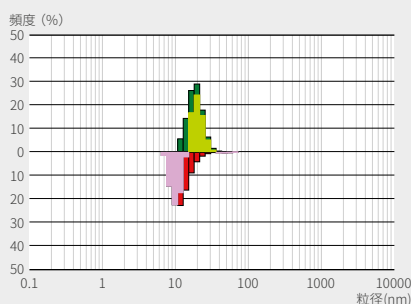
③測定結果を、リアルタイムで 閲覧・解析可能 マルチタスク

- 測定と解析、それぞれのインターフェースを、別個のウィンドウで表示でき、また個別に操作することが可能。測定をしながら、測定結果の閲覧・再計算が可能

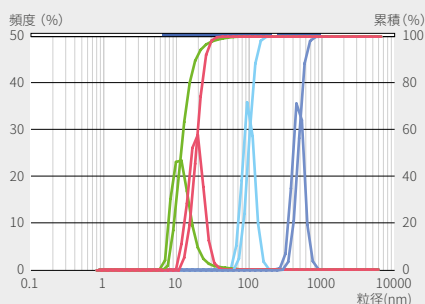
④測定結果の外部出力

- 測定結果は、様々なファイル形式 (CSV、JPEG、BMP、EMF、PNG、TIFFなど) で出力可能
- 粒子径分布のグラフは、クリップボードにコピー可能

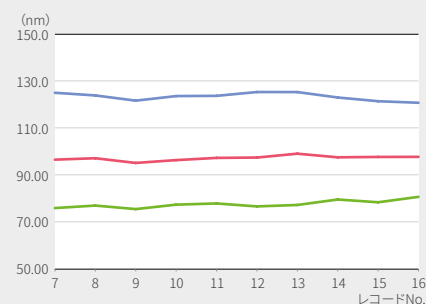
粒子径分布の差分表示



粒子径分布測定結果の重ね描き



測定結果の時系列表示



仕 様 SPECIFICATIONS

豊富なバリエーション

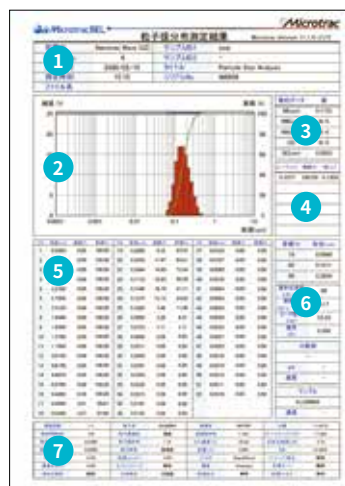
I 機器構成一覧

型 式	EX150	UT151	UZ152	UT251	NANOTRAC FLEX
プローブタイプ	マルチモード 内部プローブ式	シングルモード 内部プローブ式	ゼータ 内部プローブ式	シングルモード 外部プローブ式	シングルモード 外部プローブ式
サンプルセル	粒子径専用テフロン/ SUS	粒子径専用テフロン/ SUS	粒子径・ゼータ用 テフロン	—	—
測定項目	粒 子 径	●	●	●	●
	ゼータ電位	×	×	×	×
	分 子 量	×	○	○	×
オプション	温 調	○	○	○	×

I 仕 様

粒子径分布測定原理	動的光散乱法 (周波数解析法)
ゼータ電位測定原理	電気泳動法
測定範囲	粒子径分布 0.8～6500nm ゼータ電位 -200～+200mV (ゼータ電位測定可能な粒径: 10nm～20μm) 電気泳動移動度 0～15.5 (μm/s) / (V/cm) 分 子 量 300Da～20MDa
測定時間	10～1,800秒 (粒子径による)
ディテクタ	シリコンフォトダイオード
光源	半導体レーザー (クラス3b*) 波長: 780nm 通常出力: 3mW 最大出力: 5mW ※レーザークラスはレーザー単位の場合 製品組込時 内部プローブ型・外部プローブ型: クラス1レーザー製品
試料量	EX150/UT151: 最小200μL～2.0mL UZ152: 500μL～2.0mL
温度機能	+5～+90°C
電源	AC100V 50/60Hz
通信	USB (装置本体—PC間)
外形寸法・質量	386 (W) × 330 (H) × 368 (D) mm 6.8kg

I データ例



1 見出し

測定サンプルの名称を記入します。
タイトル、サンプル名 (ID-1)、ロットNO. (ID-2)。

2 分布・グラフ

粒子径 (X軸)、頻度 (Y軸) とともにスケール表示はAuto/固定の選択可能。

3 要約データ

CI	: 濃度指数 ※1	SD	: 標準偏差
10%・50%・90%	: 累積パーセント径 (任意設定可)	MW	: 分子量
MI	: 光強度平均径	ローディングインデックス	: 濃度指数 ※2
MV	: 体積平均径	反射光強度	: 試料セル界面の反射光強度
MN	: 個数平均径	セル温度	: 試料温度
MA	: 面積平均径	粘度	: 温度補正した分散媒粘度
CS	: 比表面積値	ゼータ電位	

※1. CI値は、ローディングインデックスの情報にプラスして粒子の物性 (屈折率、光の透過性、粒子形状) に依存する散乱光量を考慮して求めた濃度指数です。
※2. ローディングインデックスは、検出器で受光した試料からの散乱光総量を利用した濃度指数です。

4 ピークデータ

頻度分布において、分布の山 (ピーク) に関する情報 (各ピークにおける中位径 (D50%)、頻度%および幅) を出力

5 累積分布およびヒストグラムデータ

52chの粒子径区分を持ち、0.8～6,500nmのワイドレンジを分解能高く出力

6 累積パーセント径

ユーザーが任意に設定した累積パーセントにおける粒子径を表示

7 測定条件

透過性	: 粒子が光を透過するかどうかを選択	溶媒屈折率	: 溶媒の屈折率を入力
粒子形状	: 粒子が球形かどうかを選択	粘度 (2点)	: 温度が異なる2点の既知粘度を入力
粒子屈折率	: 粒子の屈折率を入力		

MICROTRAC

PARTICLE CHARACTERIZATION

※カタログ記載の製品（貨物・役務）は、輸出国・用途などによっては「外国為替および外国貿易法（外為法）」による輸出規制品等に該当する場合があります。
規制品に該当する製品（貨物・役務）の輸出に関しては、日本政府の審査を受けて許可・承認等を得る必要があります。

MICROTRAC

PARTICLE CHARACTERIZATION

マイクロトラック・レツェ社

Retsch-Allee 1-5 · 42781 Haan · Germany
Phone +49 2104 2333-300 · info@microtrac.com

マイクロトラック社

11 Penns Trail Newtown, PA 18940 · USA
Phone +1 866 473 8724 · marketing@microtrac.com

マイクロトラック・フォーミュレーション社

3-5 rue Paule Raymond 31200 Toulouse · France
Phone +33 (0)5 62 89 29 29 · contact.fr@mtf.verder.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 TEL: 06-6655-0362
東京営業所・東京アプリケーションラボ TEL: 03-6457-6707

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

part of **VERDER**
scientific