

■構成表



型 式	粒子径測定	ゼータ電位測定	分子量測定	pHタイトレーション測定
ELSZ-2000ZS	●	●	●	●*1
ELSZ-2000Z	—	●	—	●*1
ELSZ-2000S	●	—	●	●*2

■仕様

	粒子径 (ZS, S)	ゼータ電位 (ZS, Z)	分子量 (ZS, S)
測定原理	動的光散乱法 (光子相関法)	電気泳動光散乱法 (レーザードップラー法)	静的光散乱法
光学系	ホモダイナ光学系	ヘテロダイナ光学系	ホモダイナ光学系
光源	高出力半導体レーザー*3		
検出器	高感度APD		
セル/サンプル容量	角セル: 0.9mL ~ 微量セル 20μL ~ (オプション)	標準セル: 0.7mL ~ 濃厚系セル: 0.6mL ~ 微量ディスポセル: 130μL ~ } 選択可能	角セル: 0.9mL ~
対応濃度範囲	0.00001 (0.1ppm) ~ 40% (Latex112nm: 0.00001 ~ 10%, タウロコル酸: ~40%)	0.001 ~ 40% (Latex262nm: 0.001 ~ 10%, タウロコル酸: ~40%)	—
測定範囲	粒子径: 0.6nm ~ 10μm	ゼータ電位: -200 ~ 200mV	分子量: 360 ~ 2000×10 ⁴ *4
温度	0 ~ 90°C (グラジエント機能あり)*5		
電源	100V±10%, 50/60Hz, 250VA		
寸法	380 (W) × 600 (D) × 210 (H) mm, 約22kg		
データ処理装置	ノート型パーソナルコンピュータ, OS: Windows 10 レーザープリンタ		
ソフトウェア	平均粒子径解析 (キュムラント法解析) 粒度分布解析 (Marquardt法/NNLS法 Contin法/Unimodal法) 粒度分布重ね書き 逆相関関数・残差プロット 粒子径モニター機能 粒子径表示範囲 (0.1~10 ⁶ nm)	ゼータ電位解析 (Smoluchowskiの式, Hückelの式) 電気泳動移動度解析 ゼータ電位重ね書き 電気浸透流解析 (森・岡本の式) pHタイトレーション解析 (等電点解析)*1 平板ゼータ電位解析*6	分子量解析 (Debyeプロット) 第二ビリアル係数 慣性半径補正機能
FDA 21CFR Part 11, SOP (標準操作手順) 対応, 簡単測定モード 日本語/英語ソフトウェア 選択可能			

- *1: オプションのpHタイトレータが必要です。
- *2: オプションのpHタイトレータと粒径フローセルが必要です。
- *3: 本装置は、レーザーに関する安全基準 (JIS C 6802) のクラス1に区分される製品です。
- *4: サンプルによって慣性半径補正が必要になります。
- *5: 標準ガラスセルの場合、ディスポセルの使用温度は10 ~ 50°Cです。
- *6: オプションの平板用セルユニットが必要です。

ゼータ電位の【基礎・測定事例】をわかりやすく解説
約10分でわかる 分析技術の担当者が解説いたします!
\\ 原理・色材・フィルム・タンパク質など \\
WEB動画セミナー 配信中!!

- 記載製品の外観・仕様は、改良のため予告なしに変更する場合があります。
- 会社名、商品名などは各会社の商標・登録商標です。
- このカタログに記載されている内容の一部または全部を無断転載する事は禁止されています。

大塚電子株式会社

19.08.31

- 大阪本部・営業部 〒540-0021 大阪府大阪市中央区大手通3丁目1-2
 エスリードビル大手通6F
 TEL. (06) 6910-6522 FAX. (06) 6910-6528
- 東京支店 〒192-0082 東京都八王子市東町1-6 橋元LKビル4F
 TEL. (042) 644-4951 FAX. (042) 644-4961
- 東海営業所 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄3丁目2-3
 名古屋日興證券ビル4F
 TEL. (052) 269-8477 FAX. (052) 269-8478
- 九州営業所 〒810-0001 福岡県福岡市中央区天神1丁目9-17
 福岡天神フコク生命ビル15F
 TEL. (092) 717-3338 FAX. (092) 717-3339

<http://www.otsukael.jp/>

ゼータ電位・粒径・分子量測定システム

Zeta-potential & Particle Size Analyzer

ELSZ-2000 series



- JIS Z 8828 : 2013 準拠
- JIS Z 8828 : 2019 準拠
- ISO 22412 : 2017 準拠
- JIS Z 8836 : 2017 準拠
- ISO 13099-2 : 2012 準拠

Otsuka Electronics Co., Ltd.

希薄系から濃厚系の高精度な粒子径・ゼータ電位測定 さらに固体表面、分子量の評価まで

粒子径

0.6nm~
10 μ m

ゼータ電位

-200~
200mV

分子量

360~
2000 $\times 10^4$

濃度範囲：0.00001 (0.1ppm) ~ 40%

[粒子径] ラテックス 112nm : 0.00001~10%、
タウロコール酸 : ~40%

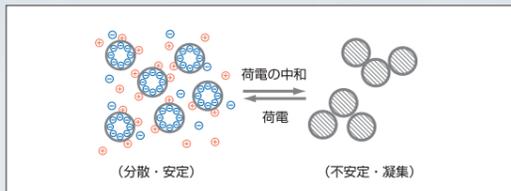


- 最新型高感度APDにより感度アップと測定時間短縮を実現
- 自動温度グラジエント測定により変性・相転移温度解析が可能
- 0~90℃の広い温度範囲で測定が可能
- 広範囲な分子量測定および解析機能を追加
- 懸濁した高濃度サンプルの粒子径・ゼータ電位測定に対応
- セル内の電気浸透流を実測、プロット解析により高精度なゼータ電位測定結果を提供
- 高塩濃度溶液のゼータ電位測定に対応
- 小面積サンプルの平板ゼータ電位測定に対応
- 初めての方でもすぐ使える簡単測定モードを追加

長年のキャリアに培われた信頼性の高いデータをご提供します

■ 粒子径とゼータ電位の関係

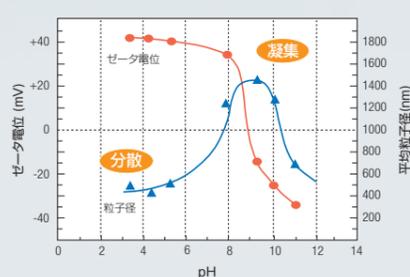
■ ゼータ電位と粒子径による分散安定性の評価



一般的なコロイド粒子では、ゼータ電位の絶対値が大きいと静電反発力が強くなるため分散性は良くなり、ゼータ電位がゼロに近づく不安定になり凝集しやすくなるため、ゼータ電位が分散安定性を左右するといわれています。

■ アルミナ粒子のpH変化による分散・凝集の評価

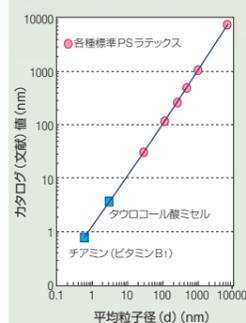
アルミナ粒子は、pHが酸性からアルカリ性になる際に、ゼータ電位がプラスから電荷ゼロを示す等電点を経てマイナスへと変化します。ゼータ電位の絶対値が大きいpH領域では平均粒子径は小さくて分散性が良く、等電点付近では凝集して平均粒子径は大きく不安定になることがわかります。



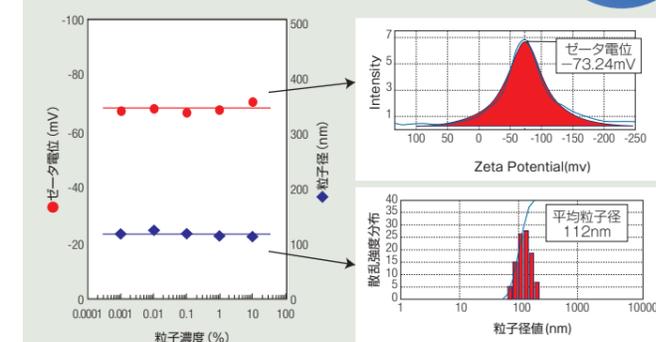
■ 特長

幅広い
粒子径範囲

■ 標準試料のカタログ値と実測値の相関



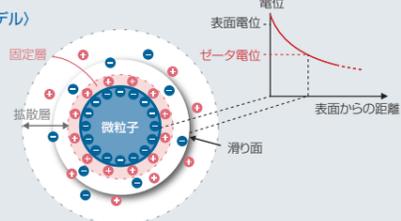
■ 標準ラテックスの濃度依存 (0.001~10%)



幅広い
濃度範囲

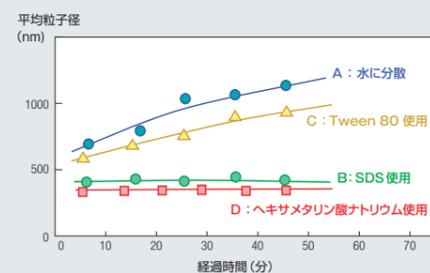
■ ゼータ電位とは

《電気二重層のモデル》



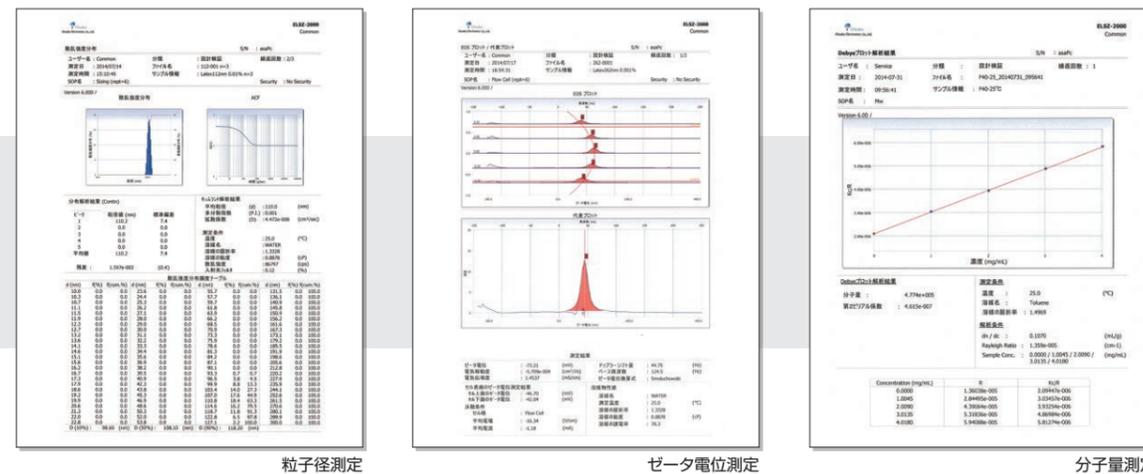
溶液中の粒子は、イオンの吸着・酸化物表面への水和・官能基の解離などにより帯電しており、その電荷を中和するために粒子の周りには反対符号のイオンが集まって電気二重層が形成されます。電場をかけると、粒子は電荷とは逆方向に粒子表面に吸着したイオン層を伴って電気泳動します。この時の粒子と溶媒の境界を滑り面といい、そこでの電位をゼータ電位といいます。

■ 界面活性剤添加時の分散・安定性の評価



界面活性剤を用いて、分散・安定性を制御することはよく知られています。酸化チタン(TiO₂)を水および各種界面活性剤を用いて分散した場合の粒子径の経時変化とゼータ電位を比較したところ、水分散の場合(ゼータ電位=-17mV)は短時間に凝集が進むのに対し、SDSやヘキサメタリン酸ナトリウム(ゼータ電位=-49mV)を用いると長時間凝集が抑制され、分散性が改善されました。

■ 出力例



粒子径測定

ゼータ電位測定

分子量測定

粒子径測定 測定範囲：0.6nm~10μm

粒子径測定原理：動的光散乱法（光子相関法）

溶液中の粒子は、粒子径に依存したブラウン運動をしているため、この粒子に光を照射した時に得られる散乱光は、小粒子は素早い揺らぎを、大粒子はゆっくりした揺らぎを示します。

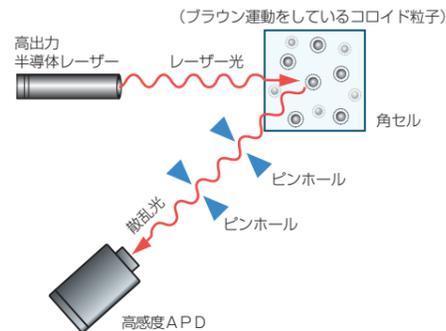
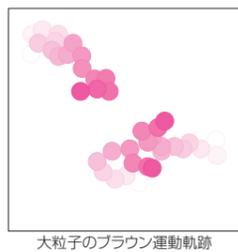
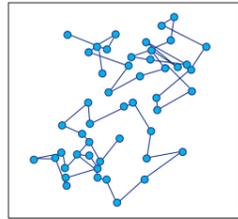
この揺らぎを光子相関法で解析することにより粒子径や粒度分布が求められます。

$$G_2(\tau) = 1 + \alpha(G_1(\tau))^2 \quad G_1(\tau) = \exp(-Dq^2\tau)$$

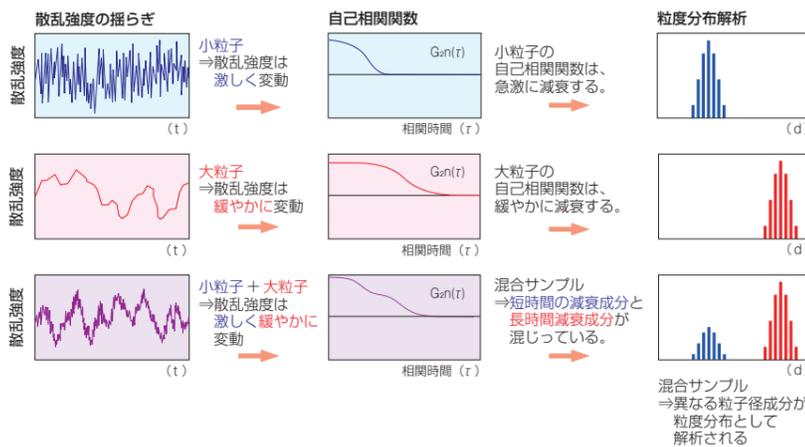
$$d = kT / 3\pi\eta D \quad \dots \text{Einstein-Stokesの式}$$

$G_2(\tau), G_1(\tau)$: 二次、一次の自己相関関数

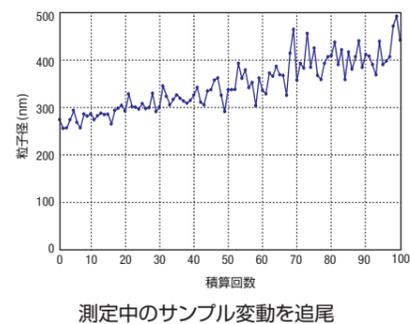
D : 拡散係数 τ : 相関時間
q : 散乱ベクトル d : 流体力学的径 (直径)
k : ボルツマン定数 η : 溶媒の粘度
T : 絶対温度



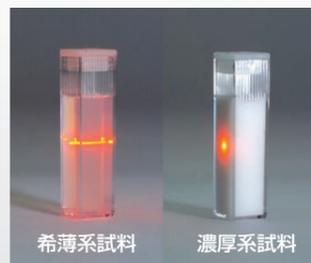
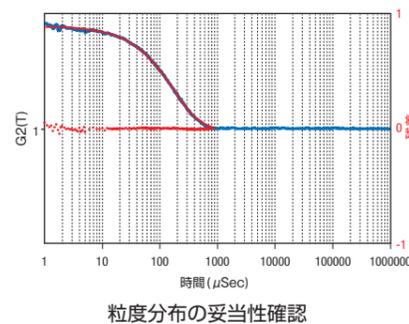
解析の流れ



粒子径モニター機能



逆相関関数・残差表示機能



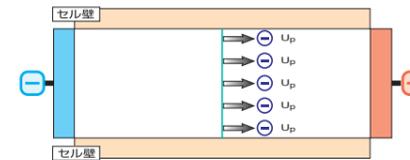
電気浸透流実測 のメリットと応用

【電気浸透流実測のメリット】

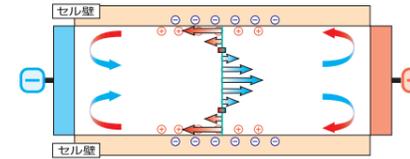
電気浸透流とは、ゼータ電位測定中セル内で起きる溶液の流れのことです。セル壁面が帯電していると溶液中の対イオンがセル壁面に集まります。電場がかかると対イオンは反対符号の電極側へ、セル中央付近はその流れを補うため逆の流れが生じる現象です。

粒子の見かけの電気泳動移動度を実測し、電気浸透流を解析することで、試料の吸着や沈降などのセル汚れの影響を考慮した正しい静止面を求め、真のゼータ電位・電気泳動移動度が求められます。(森・岡本の式参照)

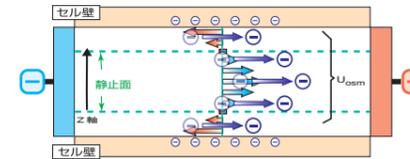
粒子の電気泳動（セルの電荷がない場合）



電気浸透流のモデル図



見かけの電気移動度のモデル



$$U_{obs}(Z) = U_p + U_{osm}(Z)$$

$U_{obs}(Z)$: セル位置 (Z) における粒子の見かけの移動速度
 U_p : 粒子の真の泳動速度
 U_{osm} : セル位置 (Z) における電気浸透流の速度

森・岡本の式

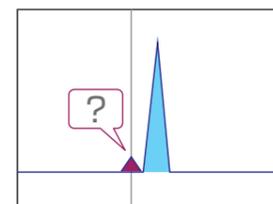
電気浸透流を考慮したセル内の泳動速度解析

$$U_{obs}(z) = AU_0(z/b)^2 + \Delta U_0(z/b) + (1-A)U_0 + U_p$$

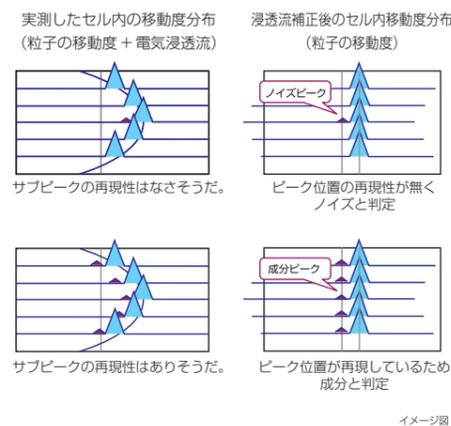
z : セル中心位置からの距離
 $U_{obs}(z)$: セル中の位置 z における見かけの移動度
 $A = 1 / [(2/3) - (0.420166/k)]$
 $k = a/b$: 2a と 2b は電気泳動セル断面の横と縦の長さ。但し、 $a > b$
 U_p : 粒子の真の移動度
 U_0 : セルの上下壁面における平均移動度
 ΔU_0 : セルの上下壁面における移動度の差

【電気浸透流の多成分解析への応用】

ELSZシリーズではセル内の多点による見かけの電気泳動移動度を実測しているため、測定データ内でゼータ電位分布の再現性確認や、ノイズピーク判定も可能です。



ゼータ電位分布にサブピークが現れた。本当の成分ピーク？それともノイズピーク？

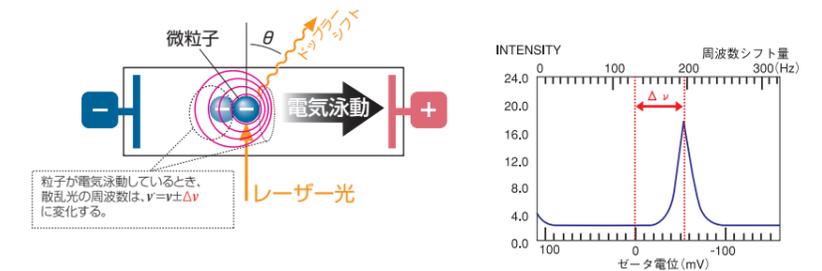


ゼータ電位測定 測定範囲：-200mV~200mV

ゼータ電位測定原理：電気泳動光散乱法（レーザードップラー法）

溶液中の粒子に電場をかけると、粒子が持つ電荷に応じた電気泳動が観測されるため、この電気泳動速度からゼータ電位・電気泳動移動度が求められます。

電気泳動光散乱法では、電気泳動している粒子に光を照射し、得られる散乱光のドップラーシフト量から電気泳動速度を求めるため、レーザードップラー法とも呼ばれています。



■ 泳動速度 (V) を求める
 $\Delta\nu = 2V \cdot n \cdot \sin(\theta/2) / \lambda$
 $\Delta\nu$: ドップラーシフト量
 n : 溶媒の屈折率
 θ : 検出角度

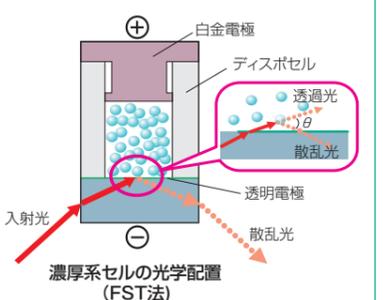
■ 電気泳動移動度 (U)
 $U = V / E$
E : 電場

■ ゼータ電位 (ζ)
 $\zeta = \eta U / \epsilon_0 \epsilon_r$
 η : 溶媒の粘度
 ϵ_0 : 真空中の誘電率
 ϵ_r : 溶媒の比誘電率

真の泳動速度 = 見かけの泳動速度 - 電気浸透流の速度

濃厚系試料のゼータ電位測定原理

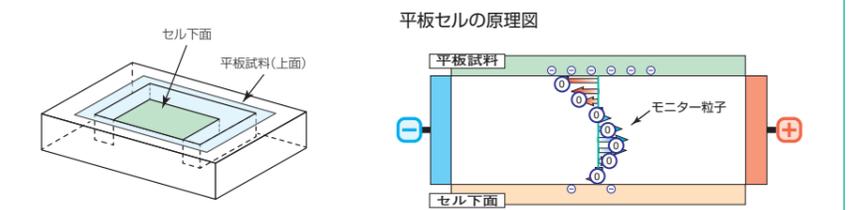
光が透過しにくい濃厚試料や有色試料については多重散乱や吸収などの影響によりELSシリーズでは測定が困難でした。現在、ELSZシリーズの標準セルは希薄系から濃厚系まで幅広く測定することが出来るようになりました。さらに高濃度の試料については、FST法*を採用した濃厚系セルにてゼータ電位測定が可能となりました。



*: Electrophoretic mobility measurement of concentrated suspension using Forward Scattering through Transparent electrode

平板試料ゼータ電位測定への応用

平板セルは、箱状の石英セルの上面に、平板試料を密着させて一体化できる構造になっています。セルの深さ方向の各レベルでモニター粒子の見かけの電気泳動移動度を実測し、得られた電気浸透プロファイルから固体界面における電気浸透流の速度が解析され、平板試料表面のゼータ電位が求められます。



分子量測定

分子量測定原理：静的光散乱法

静的光散乱法は、簡便に絶対分子量を測定する手法として知られています。測定原理は、溶液中の分子に光を照射し、得られる散乱光の絶対値から分子量を求めています。即ち、大きな分子からは強い散乱光が、小さな分子からは弱い散乱光が得られる現象を利用しています。実際には濃度によっても得られる散乱光強度は異なるため、数点の異なる濃度の溶液の散乱強度を実測し、次式に基づいて横軸に濃度を、縦軸に散乱強度の逆数に相当する $Kc/R(\theta)$ をプロットします。これを Debye プロットと呼びます。濃度ゼロへ外挿した切片 ($c=0$) の逆数から分子量 M_w を、初期勾配より第二ビリアル係数 A_2 が求められます。

$$\frac{Kc}{R(\theta)} = \frac{1}{M_w} + 2A_2c + \dots$$

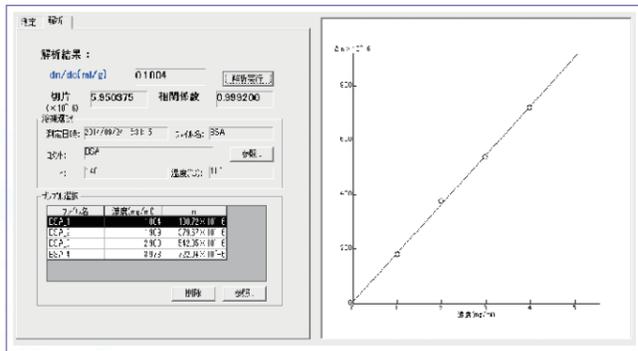
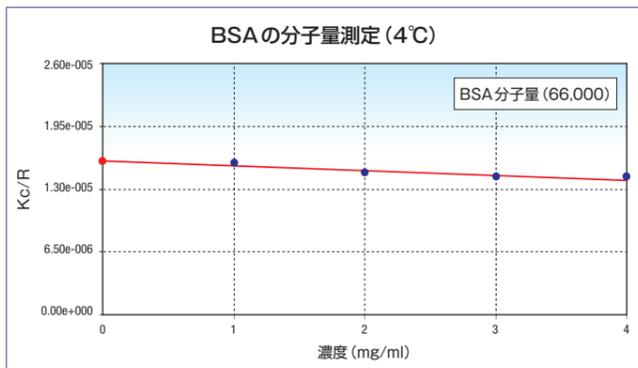
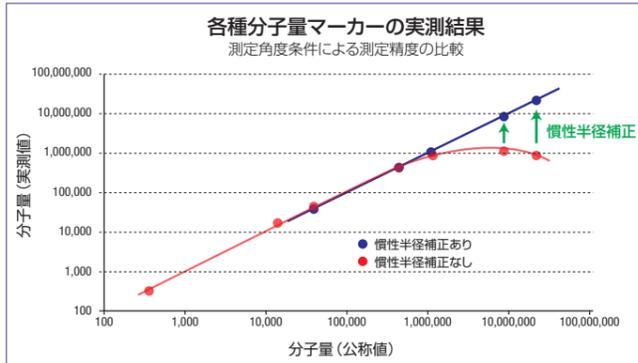
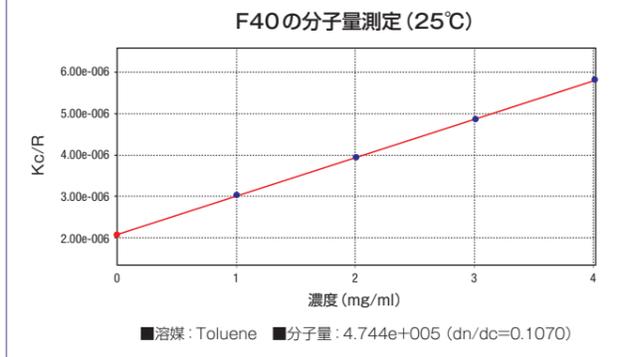
K : 光学定数 ($(dn/dc)^2$ を含む) **dn/dc** : 屈折率の濃度増分
c : 溶質の濃度 **R(θ)** : 過剰レイリー比 (還元散乱強度)
θ : 検出角度 **M_w** : 重量平均分子量
A₂ : 第二ビリアル係数

分子量が大きな分子は、散乱強度に角度依存性が現れるため、異なる散乱角度 (θ) での散乱強度を測定することで分子量の測定精度向上と、分子の広がりや指標となる慣性半径の情報が得られます。角度固定で測定する際は、推定される慣性半径を入力することで角度依存測定に相当する補正をおこない、分子量の測定精度を向上させることができます。

第二ビリアル係数とは

溶媒中での分子間の斥力と引力の度合いを示し、溶媒の分子に対する親和性や結晶化の目安となります。

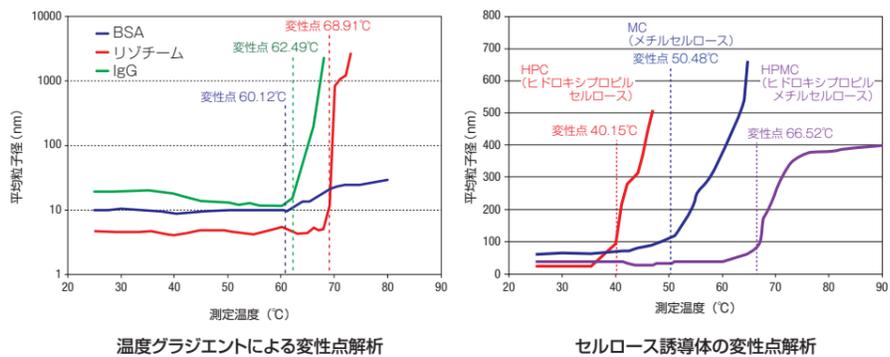
- A_2 が正の場合、親和性が高い良溶媒で、分子間の斥力が強いいため、安定に存在しやすくなります。
- A_2 が負の場合、親和性は低い貧溶媒で、分子間の引力が強いいため、凝集が起こりやすくなります。
- $A_2=0$ の場合の溶媒をシータ溶媒、また温度をシータ温度と呼び、斥力と引力が釣り合った状態で、結晶化が起こりやすくなります。



温度グラジエント測定

温度グラジエントとは

測定温度を連続的に自動制御して粒子径やゼータ電位測定ができる機能です。それにより、タンパク質などの変性や相転移温度を容易に解析することができます。最小0.1°C間隔で任意に設定することが可能です。



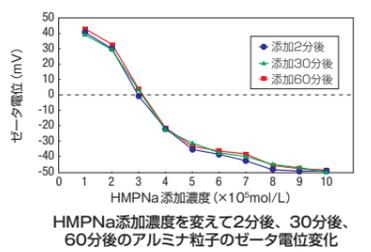
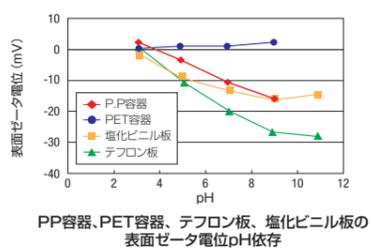
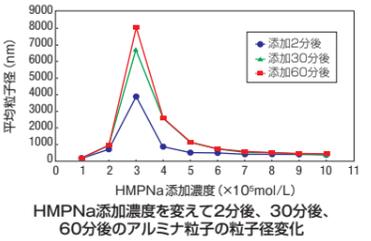
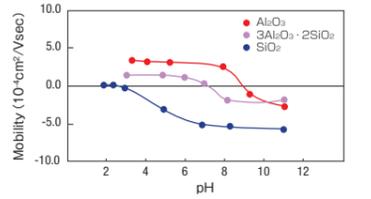
pHタイトレーション測定 (オプション)

pHタイレータ (ELSZ-PT)



pHや添加剤濃度に対する粒子径・ゼータ電位変化を自動測定することが可能。平板セルとの接続も可能。

pH範囲	pH1 ~ 13
測定モード	滴定モード・添加剤モード・循環モード
循環流速	約 10 ~ 40mL/min
滴定溶液	3種類 (酸/アルカリ/添加剤, 独立シリンジ制御)
滴定分解能	0.1μL
サンプル容量	約 30mL
pH電極	ガラス電極
寸法・重量	250 (W) × 310 (D) × 290 (H) mm 約 7.5kg
電源	AC100V 50/60Hz 55VA



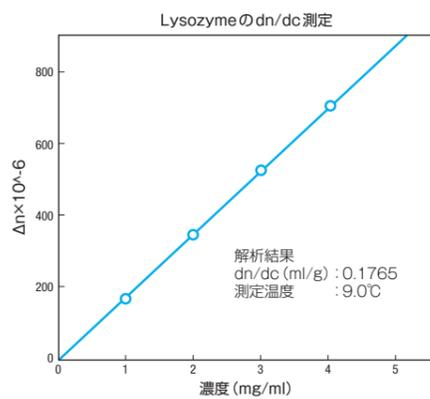
dn/dc測定 (オプション)

高感度示差屈折計 (DRM-3000)



分子量解析時の必須パラメータである dn/dc を実測

測定範囲	0 ~ ±4 × 10 ⁻⁶ Δn
測定波長	633nm (干渉フィルタ使用)
光源	タングステンランプ
試料セル	フローセル 容量 8μL
温度範囲	10 ~ 50°C (但し結露しないこと) 恒温水循環方式
寸法・重量	260 (W) × 400 (D) × 165 (H) mm 約 1.3kg
電源	AC100V ± 10V 150VA (MAX)



ユニット構成

粒子径・分子量 (2000NS/2000S)

標準セルについて

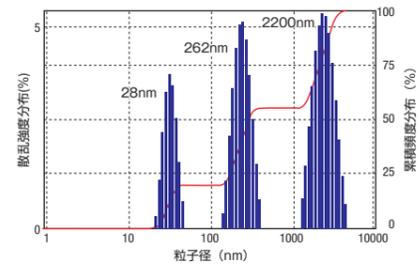
粒子径/分子量セルユニット

市販品の角セルでの粒子径・分子量測定に対応したセルユニット。
ガラス・ディスポ・微量セルが使用可能。



ガラスセル
(分子量・粒径用セル)

ポリスチレンラテックスの混合試料



オプション

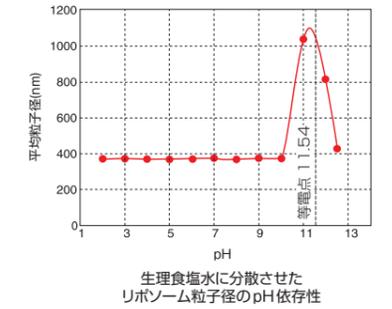
粒子径微量セル

最小容量 20 μ L から測定可能な微量セル。
高温測定時のサンプル蒸発を防ぐための蓋も別途あります。



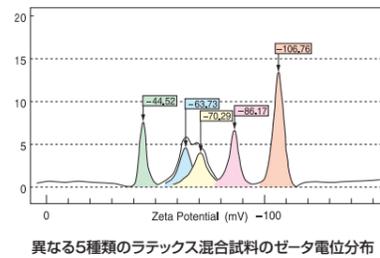
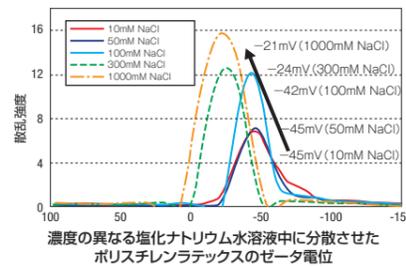
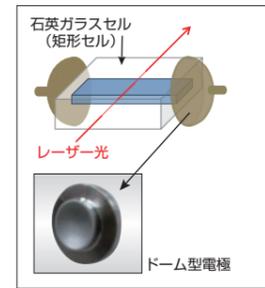
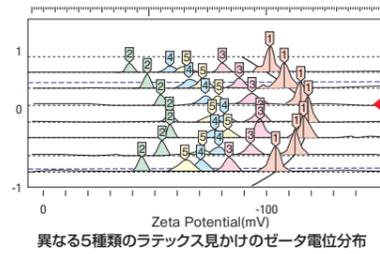
粒子径フローセル

pHタイトレータと接続して測定可能な粒子径用フローセル。



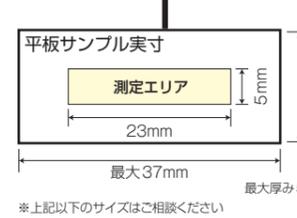
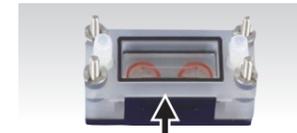
標準セルユニット

希薄試料及び高塩濃度試料に対応したセルユニット。
pHタイトレータや極性溶媒への対応可能。
セル断面積を小さくし、電極面積を大きくすることで、
生理食塩水はもちろんのこと、1000mM NaCl 水溶液中の粒子のゼータ電位測定が可能。



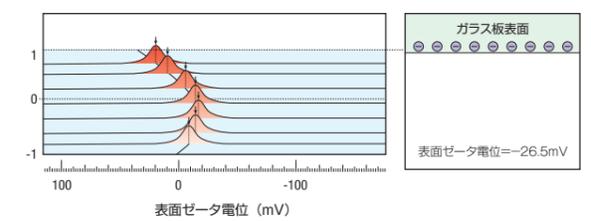
平板用セルユニット

平板状やフィルム状試料の固体表面ゼータ電位を測定するためのセルユニット。
平板セルの片面に固定された固体試料と溶液との界面では、固体試料の表面電荷に依存した電気二重層が形成され、電気泳動の際に電気浸透流が生じます。
セル内の異なる点で見かけの電気移動度を測定し、「森・岡本の式」を用いて電気浸透流を解析することにより、固体試料表面のゼータ電位が求められます。

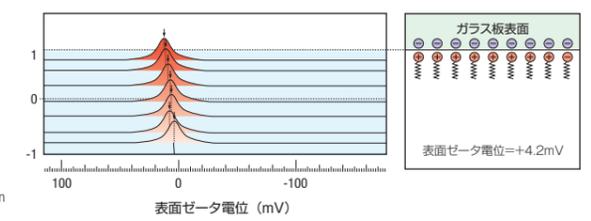


※上記以下のサイズはご相談ください

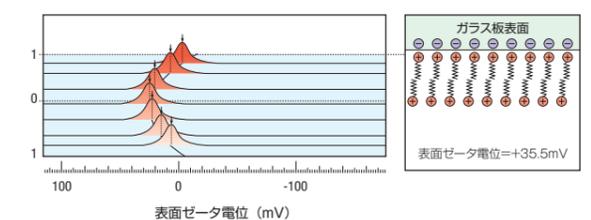
① マイナスに荷電したガラス板表面電位の測定結果



② ガラス板表面のマイナス電荷が CTAB のプラス電荷により中和された状態



③ ガラス板表面に過剰の CTAB が吸着し、表面がプラスに荷電した状態



注：平板セルユニットは常温でご使用下さい

平板セル用スペーサーキット

繊維状サンプルの測定を容易に行えるキットです。



選択式 微量ディスポセルユニット or 濃厚系セルユニット

微量ディスポセルユニット

ゼータ電位用微量ディスポセルを標準で選択可能。

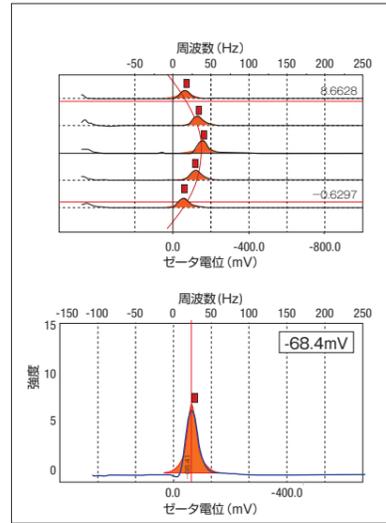
- 業界初!! 電気浸透流を実測できるゼータ電位用微量ディスポセル。
- 微量 (130 μ L \sim) で測定可能。
- 塩濃度 100mM までのゼータ電位測定が可能。



測定手順

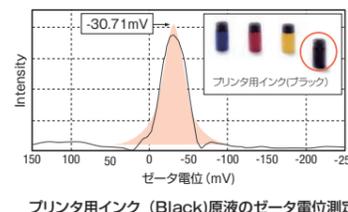
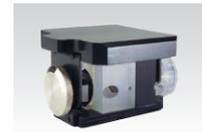


- ① サンプルをピペットで取り微量ディスポセルに入れる
- ② 微量ディスポセルを本体にセットし、測定開始



濃厚系セルユニット

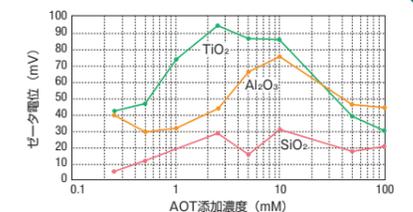
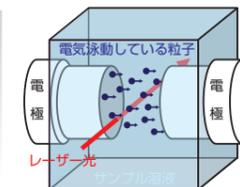
特許技術 FST 法により標準セルでは測定困難な濃厚懸濁試料に対応。
有機溶媒対応のディスポセルを採用。



FST に関して特許取得

低誘電率溶媒用セルユニット

非極性溶媒試料でのゼータ電位測定に対応したセルユニット。
低誘電率 10 以下の溶剤も対応可能。

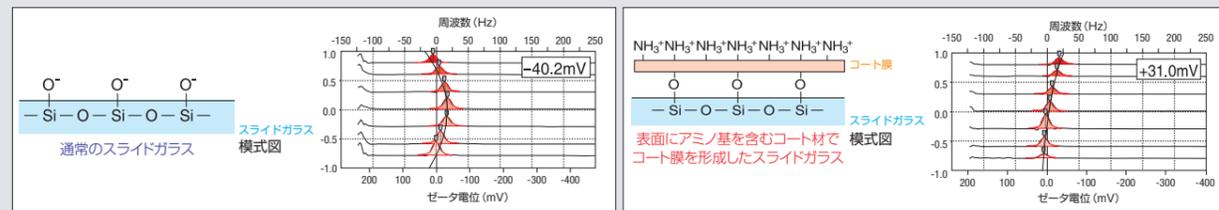


注：低誘電率セルユニットは常温でご使用下さい

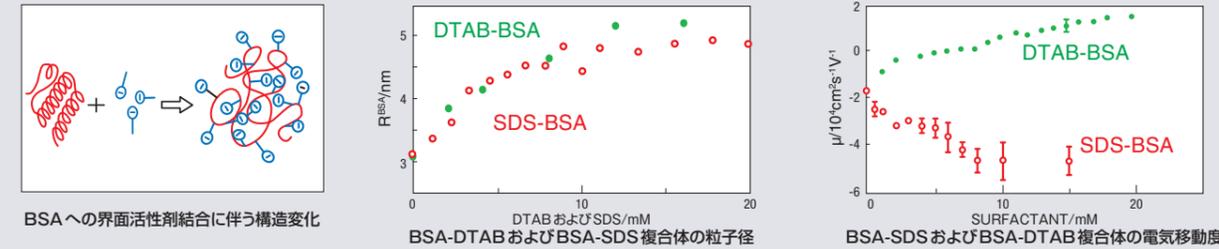
応用データ

ナノバイオ・医薬分野

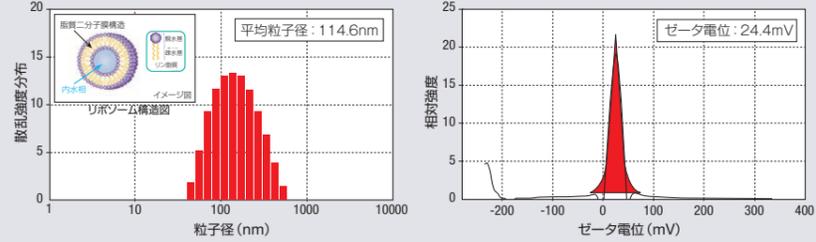
細胞培養時の剥離防止スライドガラスの表面ゼータ電位



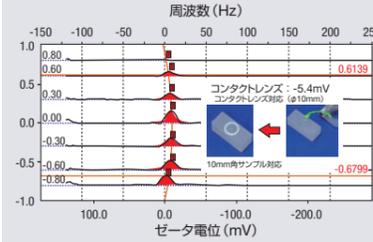
タンパク質の界面活性剤吸着による粒子径とゼータ電位変化



DDS粒子(リボソーム)の生理食塩水中における粒子径とゼータ電位

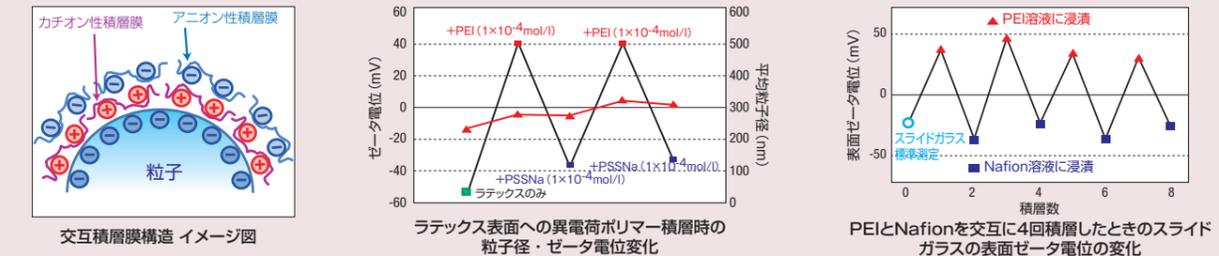


コンタクトレンズの平板ゼータ電位測定

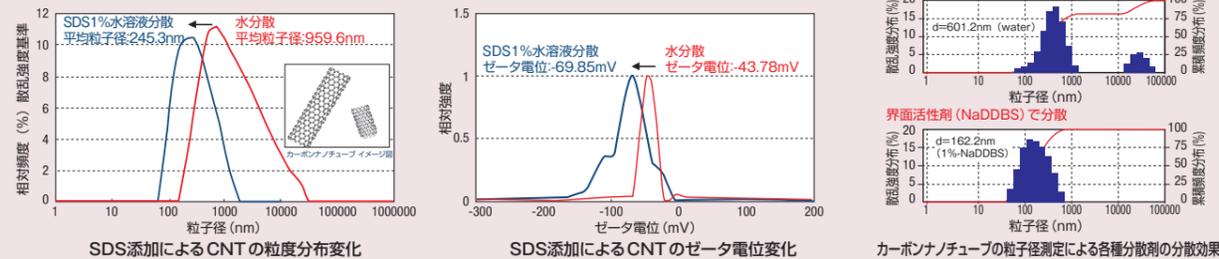


ナノマテリアル・新規機能性材料分野

ゼータ電位制御による粒子や平板表面への交互積層膜構造の評価

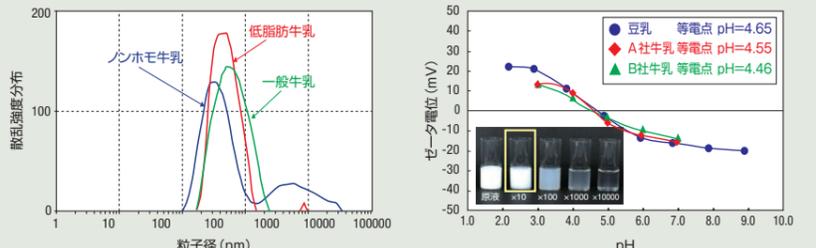


カーボンナノチューブ(CNT)の粒度分布とゼータ電位

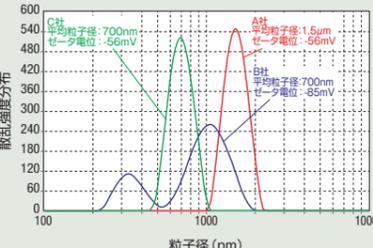


食品分野・化粧品分野

各種牛乳の粒度分布および牛乳・豆乳のゼータ電位比較

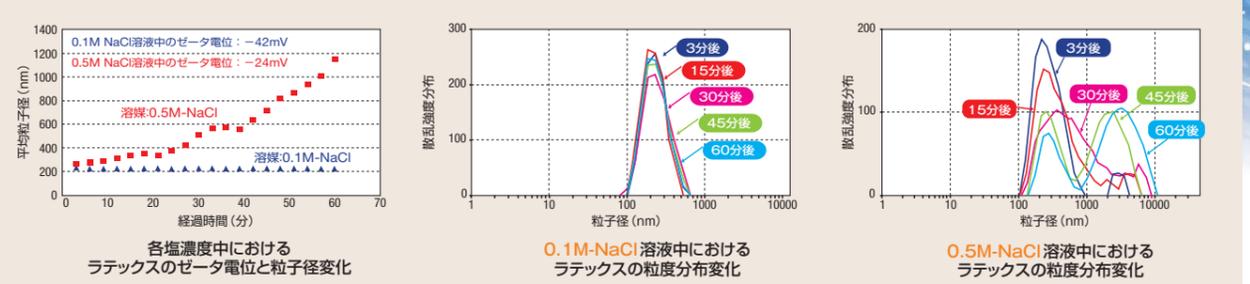


各化粧品水の平均粒子径とゼータ電位



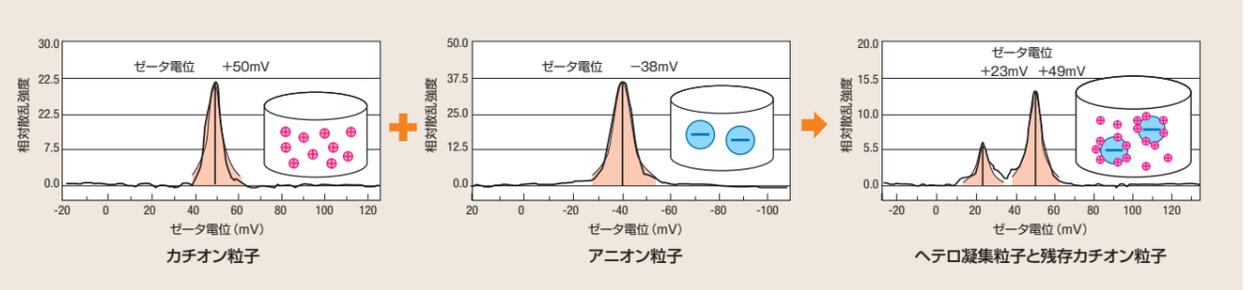
高分子・化学工業分野

異なる塩濃度におけるコロイド粒子の分散安定性評価

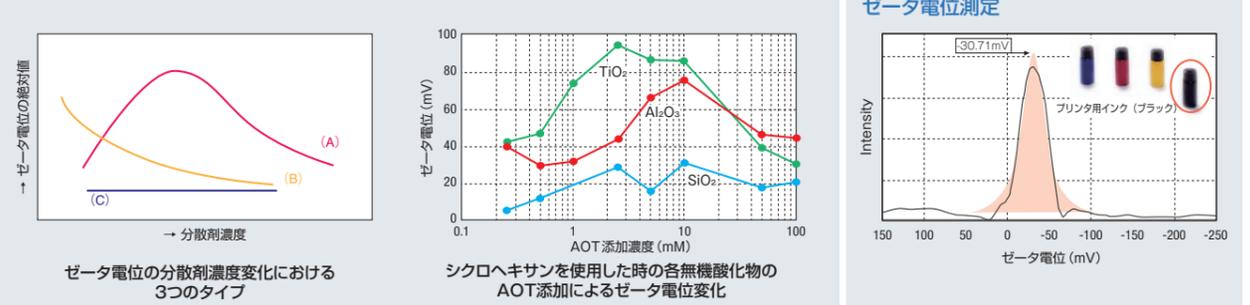


セラミックス・色材工業分野

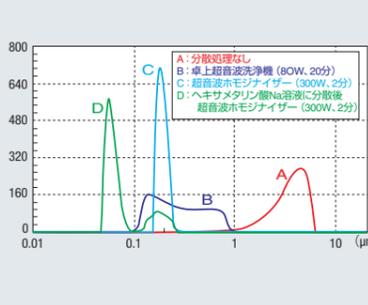
異なる符号の粒子を混合した場合のヘテロ凝集



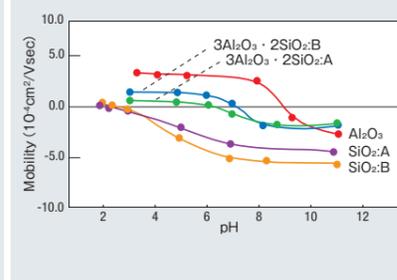
添加剤によるゼータ電位の変化



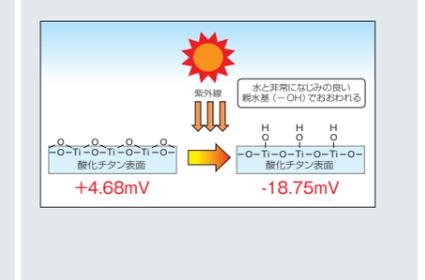
アルミナ粒子の分散技術



シリカ・ムライト・アルミナのpHタイトレーション



光触媒超親水性発生メカニズムと表面ゼータ電位の変化



半導体分野

半導体分野における研磨および洗浄工程での活用

