

제타전위





INDEX

- 제타전위 원리
- 다양한 시료의 제타전위 측정

I. 측정 원리

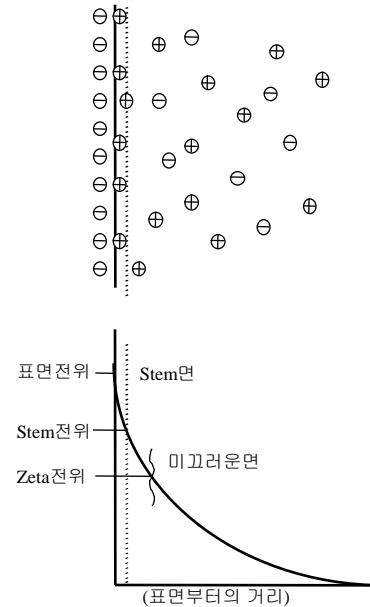
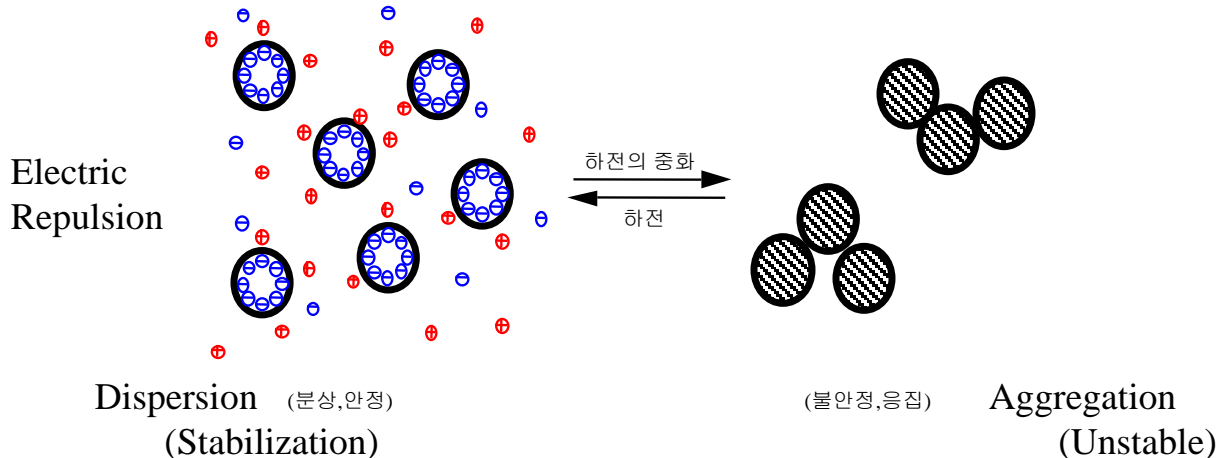
제타전위

Zeta-Potential

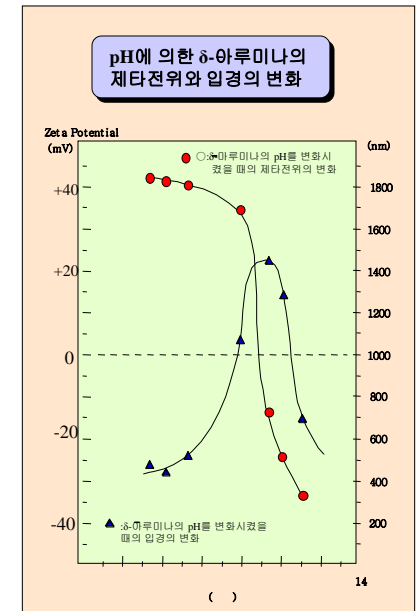
전기영동광산란법(레이저 도플러법)
Electrophoretic Light Scattering

콜로이드입자의 계면화학적 성질
제타전위 측정범위 : $-100\text{mV} \sim 100\text{mV}$

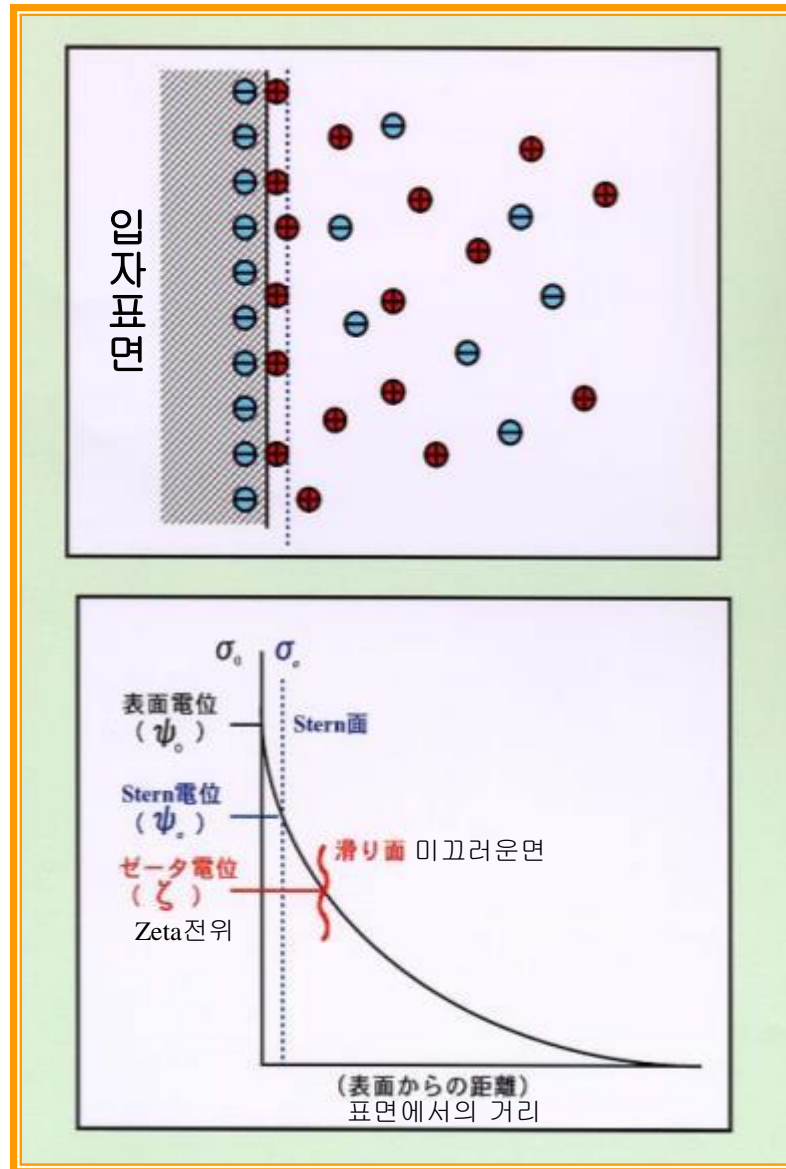
분산, 응집, 안정성, 입자 기능성의 제어 지표



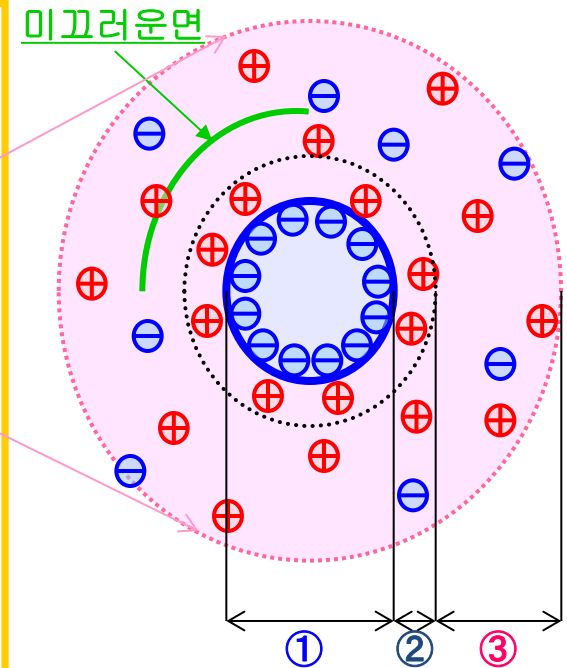
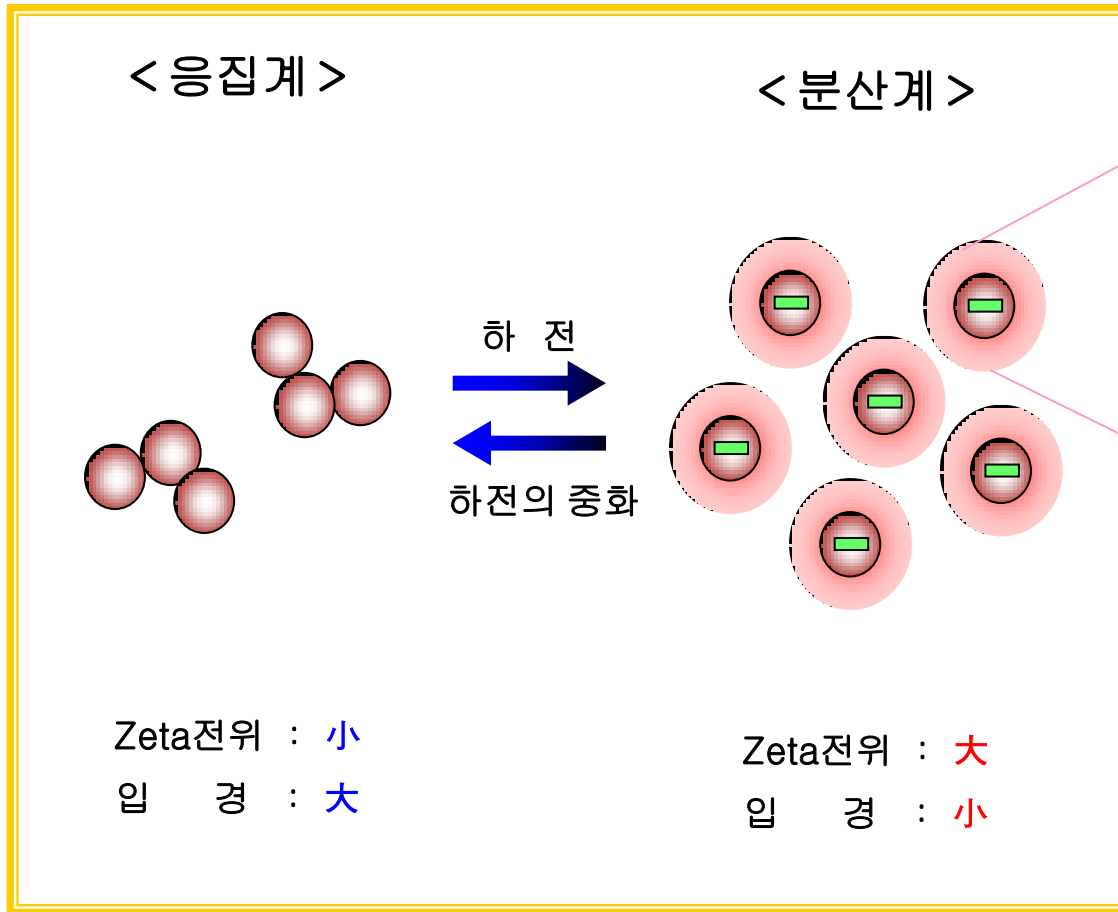
pH Dependency of Size & Zeta-Potential of Al_2O_3



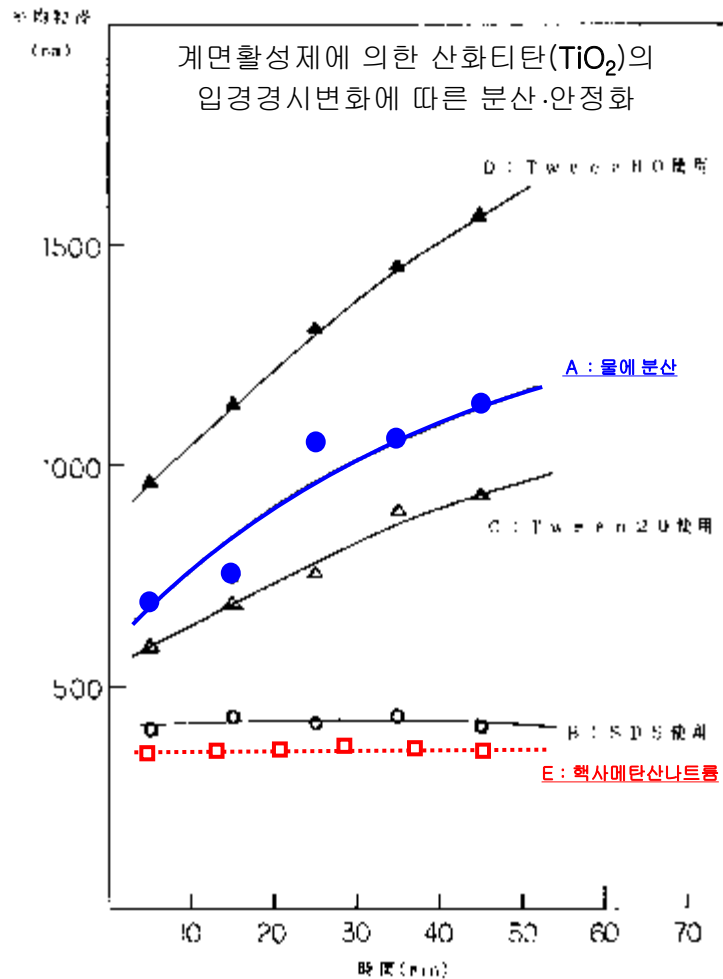
I. 측정 원리



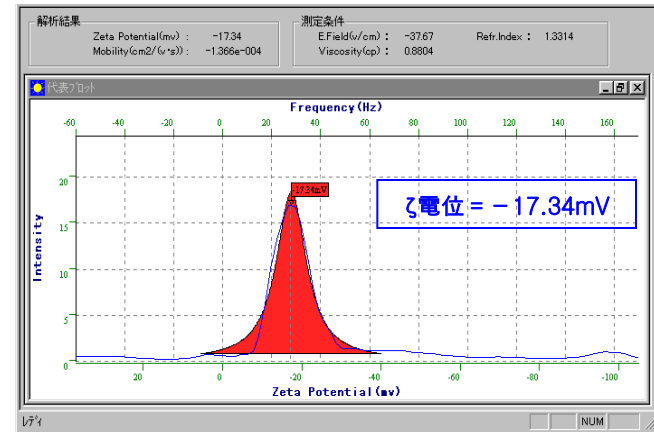
I. 측정 원리



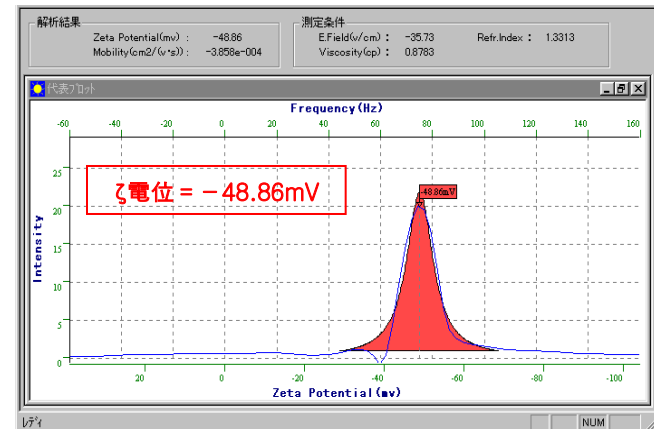
I. 측정 원리



A : 물에 분산



E : 헥사메탄산나트륨 사용



I. 측정 원리

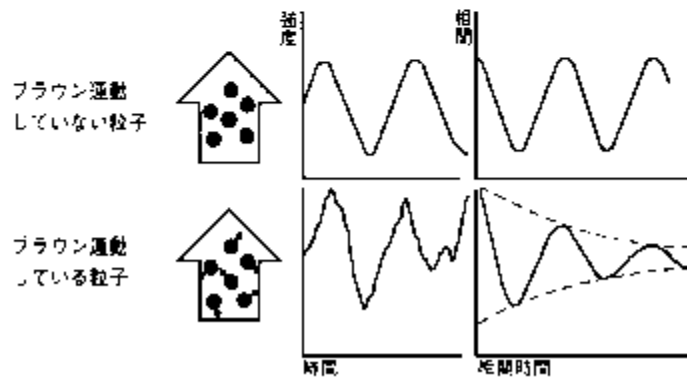
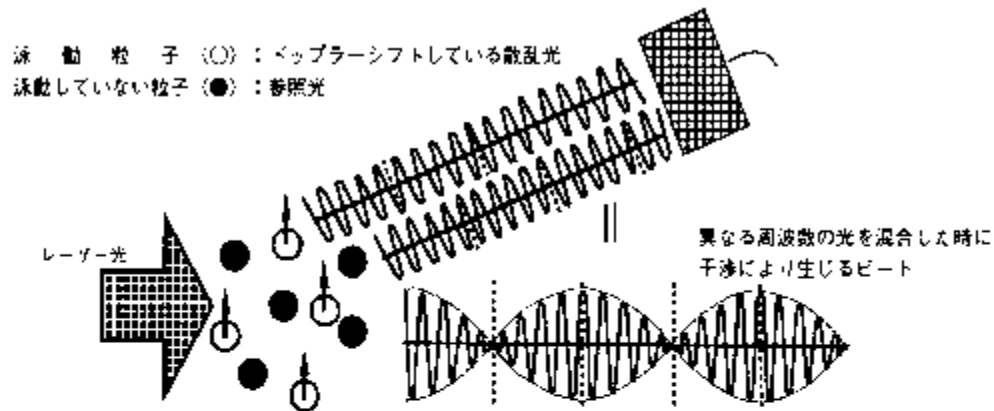
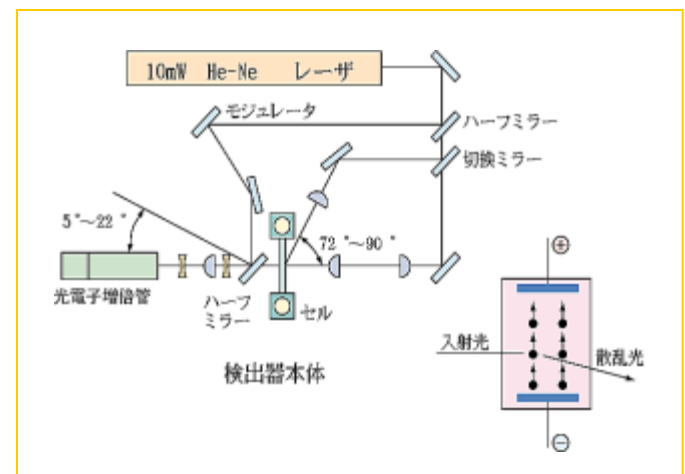
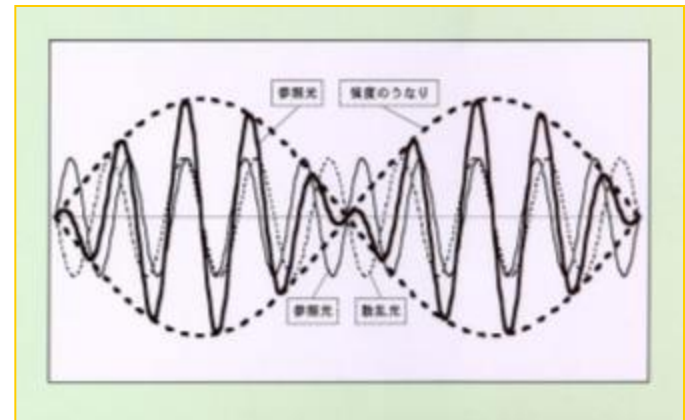
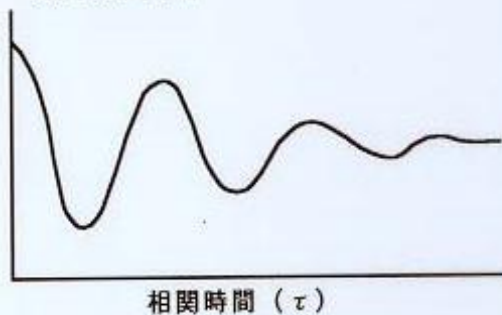


図6. 異なる周波数の光を混合した際の干渉により生じるビート



I. 측정 원리

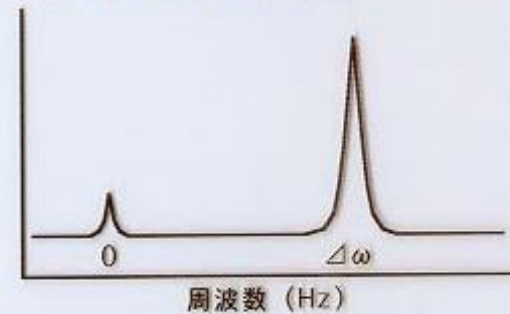
相関関数



FFT解析



パワースペクトル



光子相関関数 $C(\tau)$

$$C(\tau) = a \exp(-2\Gamma\tau) + b \exp(-\Gamma\tau) \cos(\Delta\omega\tau) + c \cdot \delta(\tau) + d$$

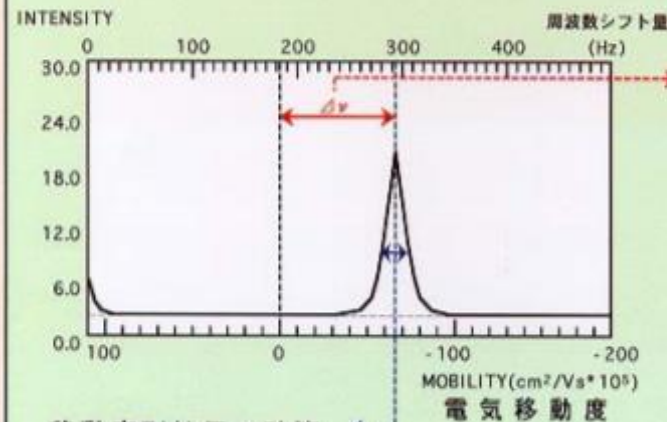
$$\Gamma = Dq^2, \quad D = kT / (3\pi\eta d)$$

τ : 相関時間 $\Delta\omega$: シフト周波数 ($\omega = 2\pi\nu$)
 Γ : 減衰定数 D : 粒子の並進拡散係数
 q : 散乱ベクトル k : ボルツマン定数
 η : 溶媒の粘度 d : 粒子の流体力学径 (直径)
 $a \sim d$: 定数 $\delta(X)$: デルタ関数

パワースペクトル $P(\omega)$

$$P(\omega) = \frac{1}{\pi} \frac{2a\Gamma}{\omega^2 + (2\Gamma)^2} + \frac{b}{\pi} \left[\frac{\Gamma}{(\omega + \Delta\omega)^2 + \Gamma^2} + \frac{\Gamma}{(\omega - \Delta\omega)^2 + \Gamma^2} \right] + \frac{c}{\pi} + \frac{d}{\pi} \delta(\tau)$$

I. 측정 원리



전기 이동도 (모비리티)의 계산

전기泳動光散乱法による周波数シフトは次式で表される。

$$\Delta \nu = U E K / 2 \pi$$

$\Delta \nu$: 도플러시프트량

U : 전기 이동도 (모비리티)

E : 電場

$K = (4 \pi n / \lambda) \sin(\theta / 2)$

θ : 散乱角度

n : 屈折率

λ : 波長

移動度別粒徑の計算

スペクトル幅は拡散係数の関数となる。

$$\Delta \nu_{1/2} = D K^2 / 2 \pi$$

$\Delta \nu_{1/2}$: スペクトルの半値半幅

D : 拡散係数

$K = (4 \pi n / \lambda) \sin(\theta / 2)$



Einstein-Stokesの式

$$d = kT / (3 \pi \eta D)$$

d : 流体力学的径 (ストークス径)

k : ボルツマン係数

T : 絶対温度

η : 溶媒の粘度

ゼータ電位の計算

・ Smolchowski の式

$$\zeta = 4 \pi \eta U / \epsilon$$

ζ : ゼータ電位

η : 溶媒の粘度

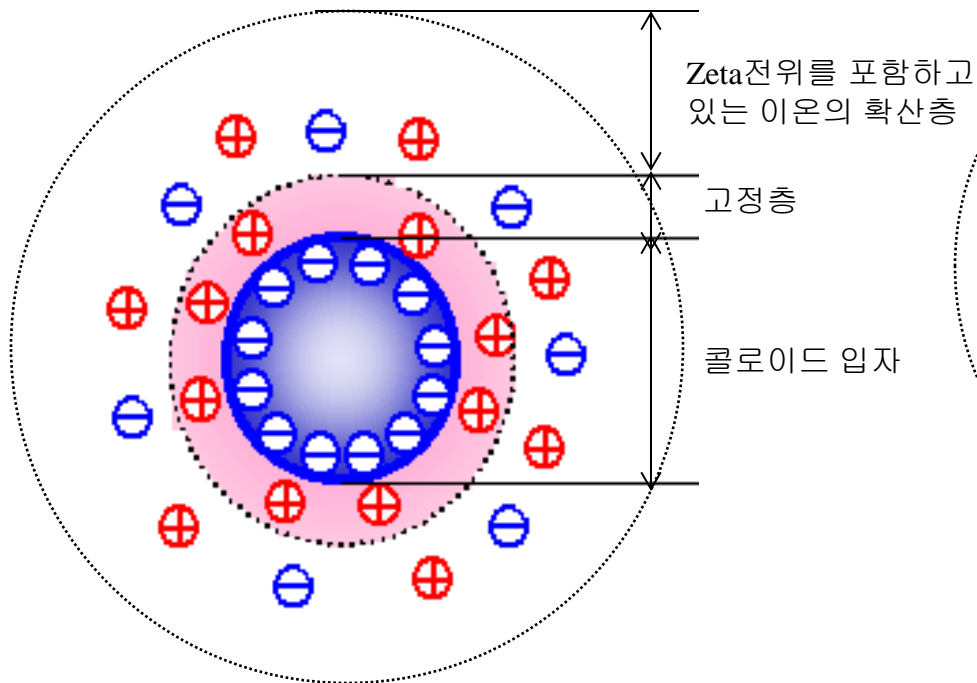
ϵ : 溶媒の誘電率

I. 측정 원리

Smoluchowski식

$$\xi = 4\pi\eta u / \varepsilon$$

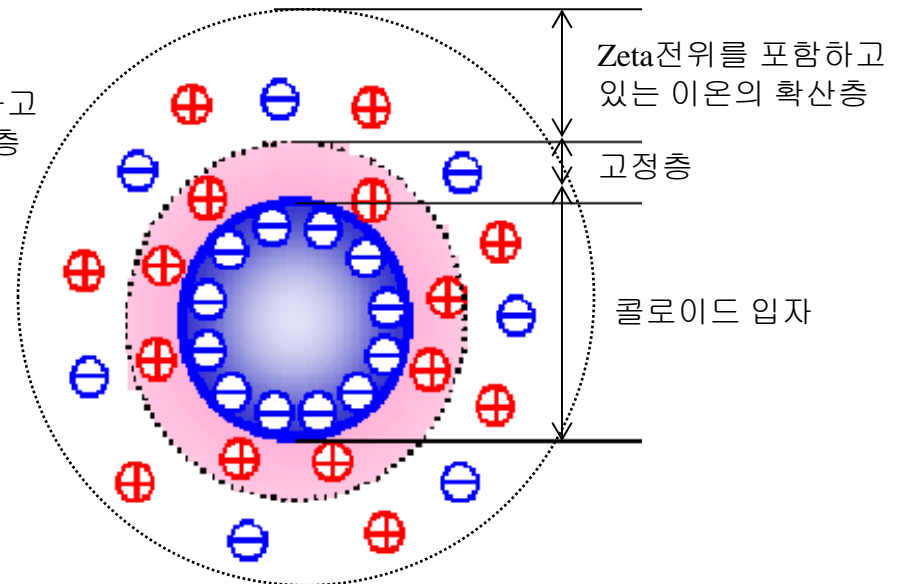
ξ : 제타전위, η : 점도, u : 이동도, ε : 유전율



Hukel식

$$\xi = 6\pi\eta u / \varepsilon$$

ξ : 제타전위, η : 점도, u : 이동도, ε : 유전율



I. 측정 원리

< 모리·오까야마의 식 >

電気浸透流を考慮したセル内の泳動速度解析

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

z : セル中心位置からの距離

$U_{\text{obs}}(z)$: セル中の位置 z における見かけの移動度

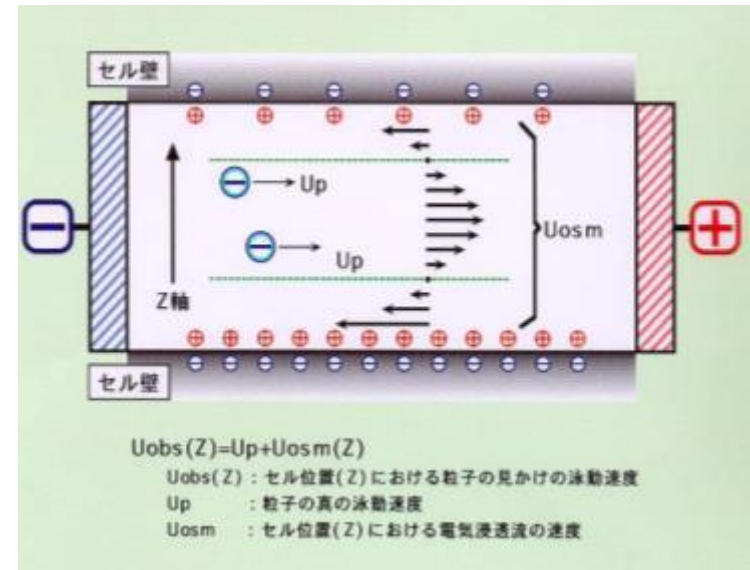
$$A = 1 / [(2/3) - (0.420166/k)]$$

$k = a/b$: $2a$ 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



I. 측정 원리

(1) 셀내에서 입자의 전기영동

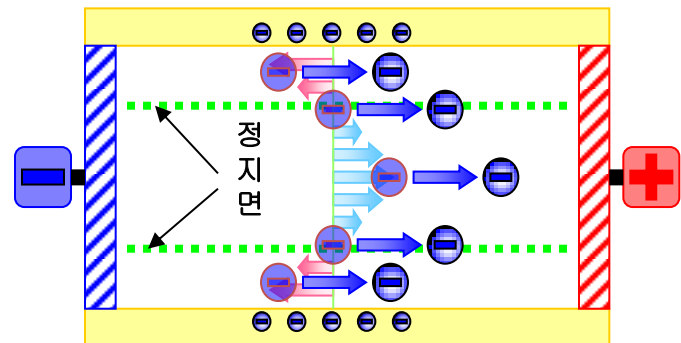
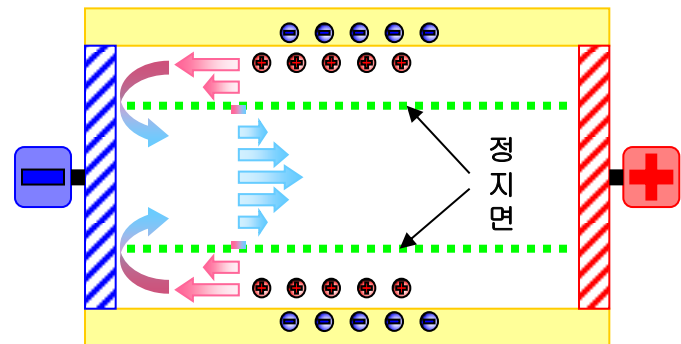
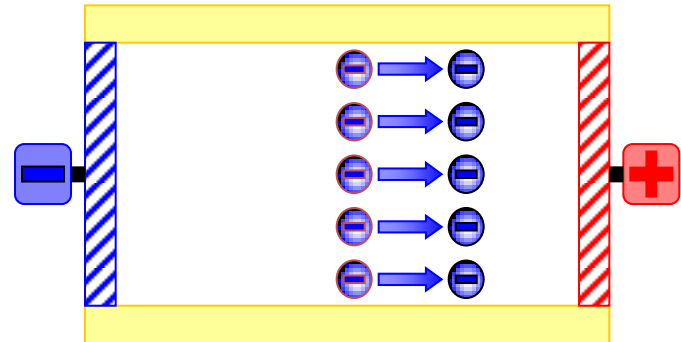
마이너스 전하 입자를 예로 들면, 입자는 셀의 어느 위치에서든지 같은 속도로 플러스전극 쪽으로 전기영동합니다.

(2) 셀내 용매의 전기 침투류

셀내에 가득찬 용매는 셀 근방에서 셀표면의 전하(통상 석영글래스의 경우는 마이너스로 대전하고 있다)에 의해 역 플러스전하를 띄고 있습니다. 이 때문에 이 계에 전장을 걸면 플러스로 하전된 셀근방의 용매가 마이너스전극 측으로 영동하여, 셀 중앙에서는 역 플러스전극 측으로의 흐름이 생깁니다. 이 영동현상을 전기침투류라고 부릅니다.

(3) 셀내 입자의 외관 전기영동

입자는 용매 중에 분산되어 있기 때문에 셀내에 있어서 입자의 외관 전기영동에는 용매의 전기침투 효과가 포함되어 있습니다. 때문에 셀내에서 전기침투효과가 외관상 없어지는 위치 즉, 정지면에서 측정하지 않으면 실제입자의 전기영동을 측정해야만 한다.

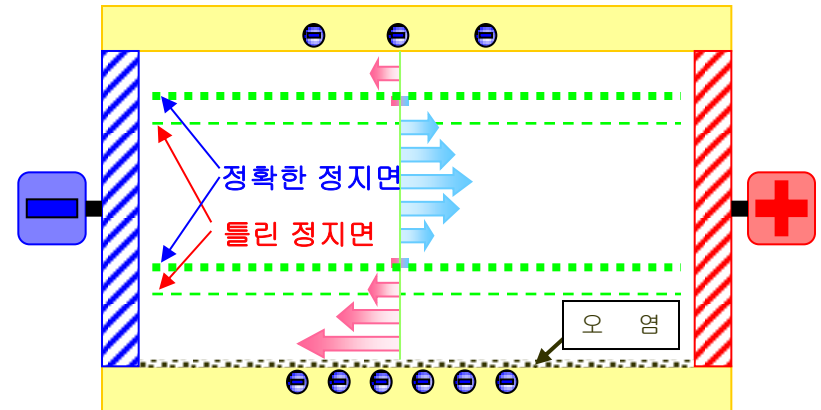


I. 측정 원리

(4) 더러워진 셀에있어 용매의 전기침투류

셀내벽에 시료가 흡착하거나 침전에 의해 셀 아래면에 시료가 가라앉아 버리면 셀내의 전기침투류가 변화됩니다.

이 상황에서는 셀의 형태에서 구한 정지면의 위치와 실제 정지면의 위치가 달라져 버립니다.

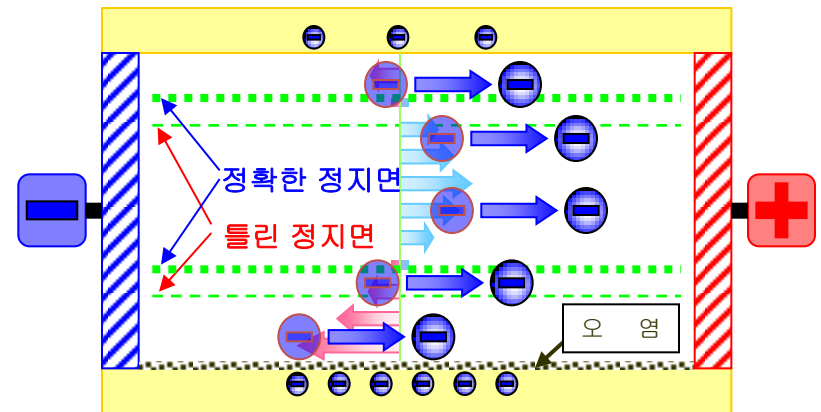


(5) 더러운 셀을 사용한 경우의 입자전기영동

셀이 더러워진 상태에서 입자의 전기영동을 셀의 형태로부터 구한 정지면에서 측정을 하면 정확한 Zeta전위를 구할 수 없습니다.

ELS시리즈는 셀내의 다른 위치에서의 외견 전기영동을 측정하고, 용매의 전기침투류를 구함으로써 정확한 정지면을 다시구하기 때문에 항상 실제입자의 Zeta전위를 측정할 수 있습니다.

또한 이 측정에서 셀의 더러운 상태를 체크할 수 있음과 동시에 평판시료용 셀을 사용함으로써 평판 상태의 고체시료의 표면 Zeta전위를 측정할 수 있게 되었습니다.



II. 다양한 시료의 제타전위 측정

라텍스혼합시료의 Zeta전위분포 측정

시 료 : 폴리스틸렌라텍스 5 종류

입경치 : 137nm, 212nm, 394nm, 605nm, 1000nm

(PS Latex 605nm는 HPC코팅처리)

용 매 : 1.5mg/ml SDS를 포함하는 10mM NaCl수용액

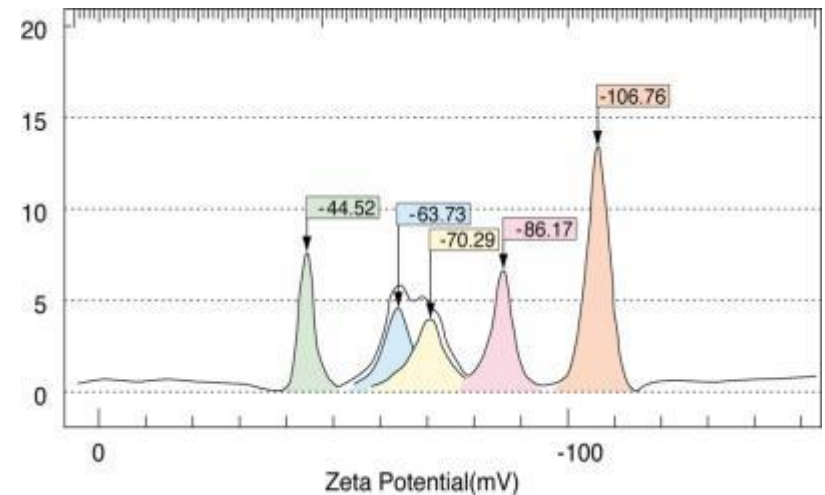
(1) 라텍스혼합시료의 Zeta전위분포

5 종류의 라텍스입자 각 성분의 Peak가 관측되고 있다.

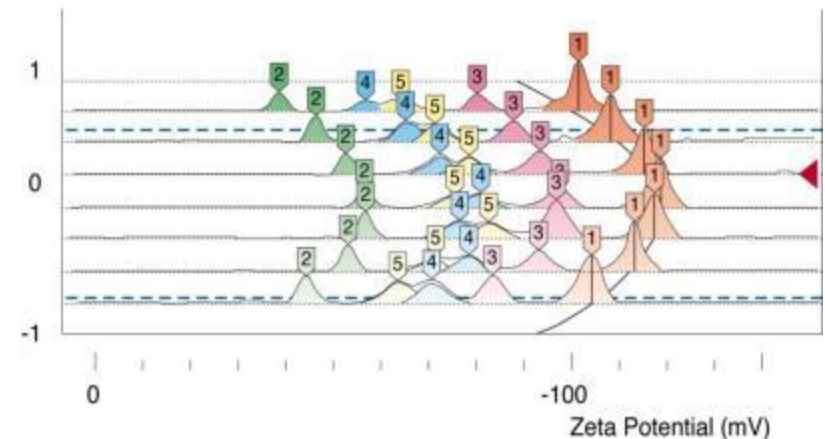
(2) 셀내에서 관측되는 혼합시료의 외관 Zeta전위분포

라텍스입자의 Zeta전위분포가 셀내의 전기침투류에 의해, 관측하는 셀위치에 따라서 평행이동하고 있는 것을 알 수 있다.

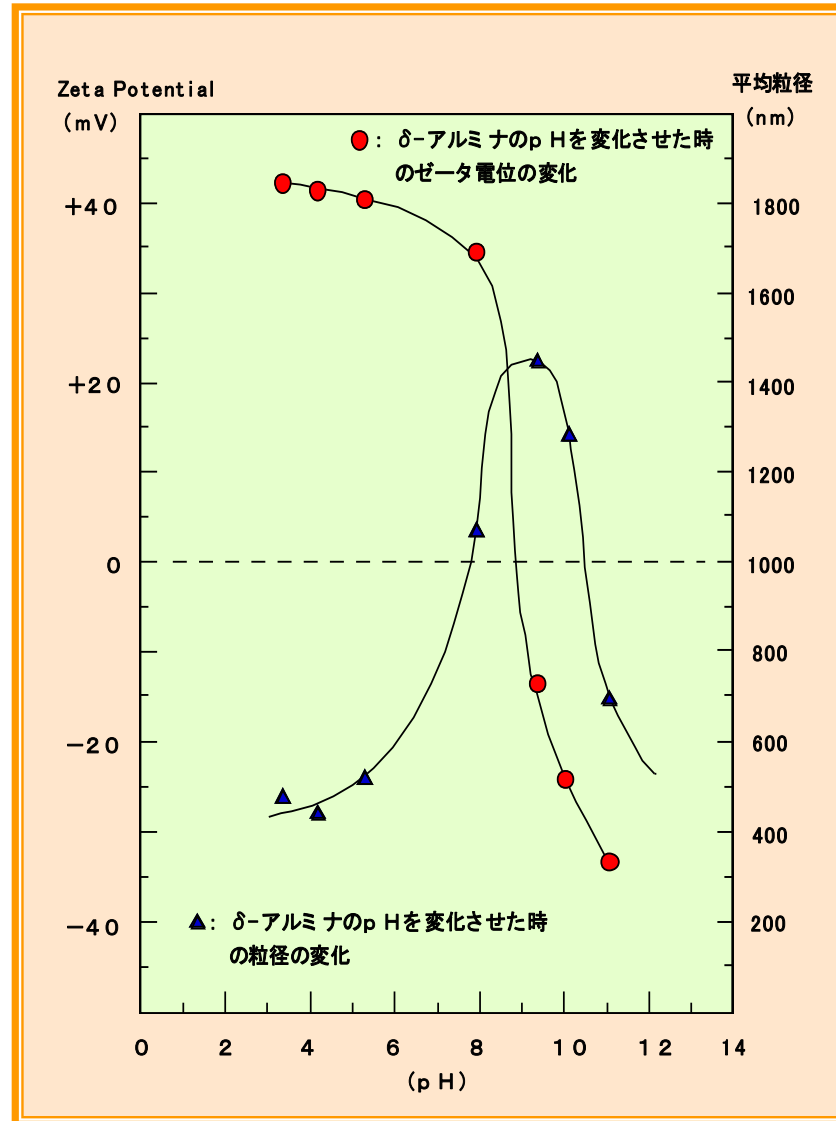
(1) 라텍스혼합시료의 Zeta전위 분포



(2) 셀내에서 관측되는 혼합시료의 외관 Zeta전위분포



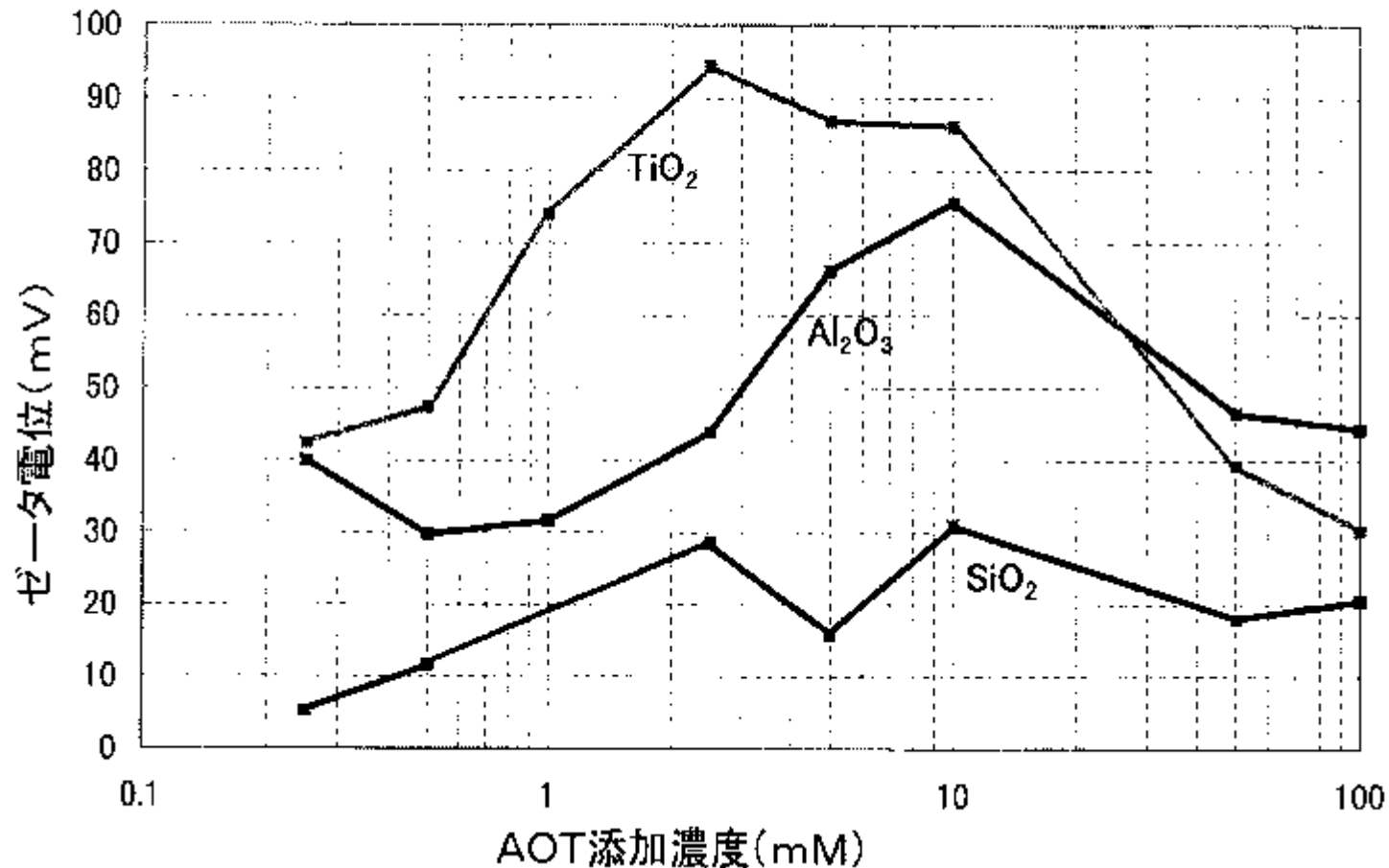
II. 다양한 시료의 제타전위 측정



II. 다양한 시료의 제타전위 측정

AOT 첨가에 의한 Zeta전위 변화

AOT添加によるゼータ電位変化
(溶媒:シクロヘキサン)



II. 다양한 시료의 제타전위 측정

프린터용 칼라잉크의 Zeta전위

● 프린터용 잉크의 측정

안료메이커 뿐만아니라 프린터를 제조하는 메이커도 Zeta전위를 측정.

1) 각 색에서 Zeta전위치가 다르다.



각각의 색에서 안정시키는 것이 중요

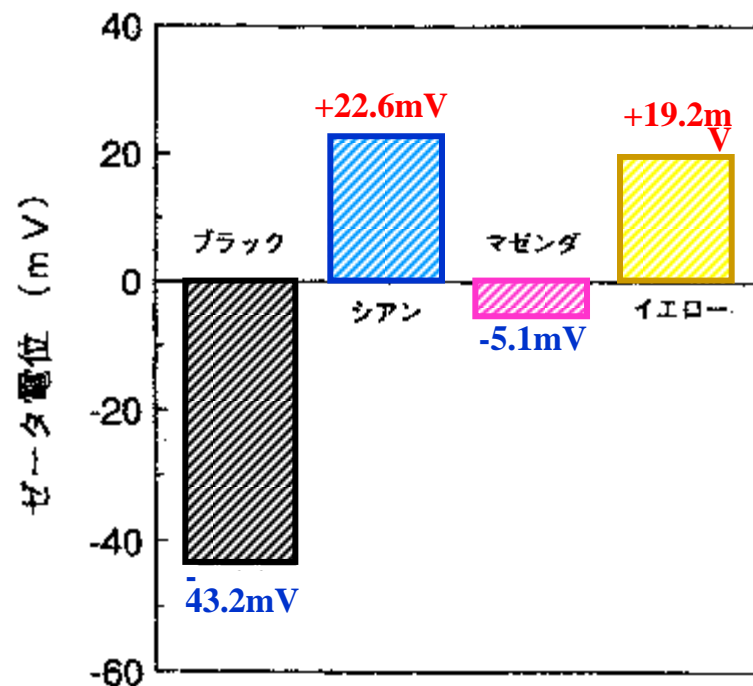
2) 분산된 상태를 유지하는 것이 중요



응집하여 굳으면, 잉크젯 등에서는 분사가 되지 않아 색무라로 이어진다.

제품수명, 품질향상을 위한 조건검토

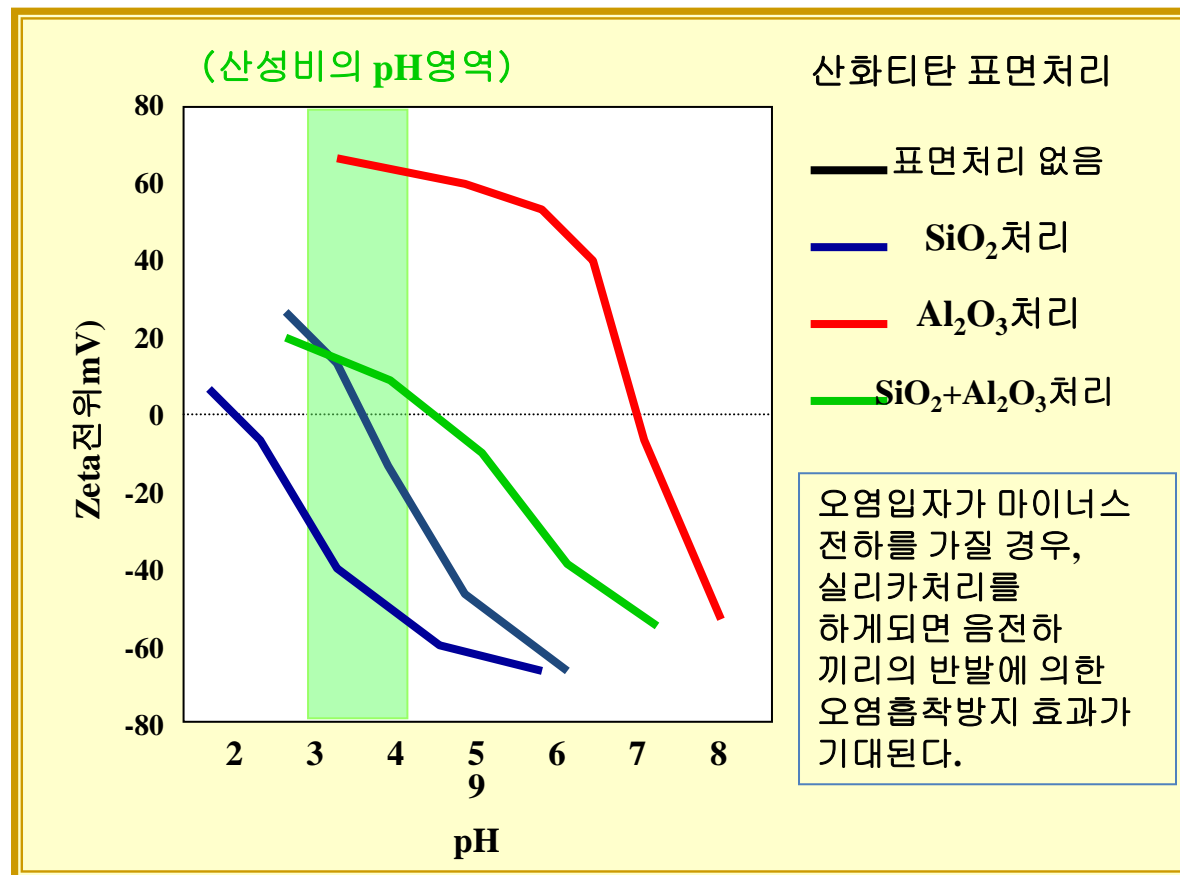
각 색의 유기안료의 Zeta전위



II. 다양한 시료의 제타전위 측정

신소재해석

● 광촉매기능을 가지는 산화티탄의 표면처리에 의한 Zeta전위의 변화



II. 다양한 시료의 제타전위 측정

산소플라즈마 처리 전후의 Carbon Black의 표면특성

	pH	acid value (meq/g)	base value (meq/g)
CB-0	6.39	1200	300
CB-5	6.00	1500	400
CB-10	5.05	1900	700
CB-20	4.74	2200	700
CB-30	6.34	1400	600

Table. Results of pH and Acid-Base Values of the Carbon Black Treated by Oxygen Plasma Studied.

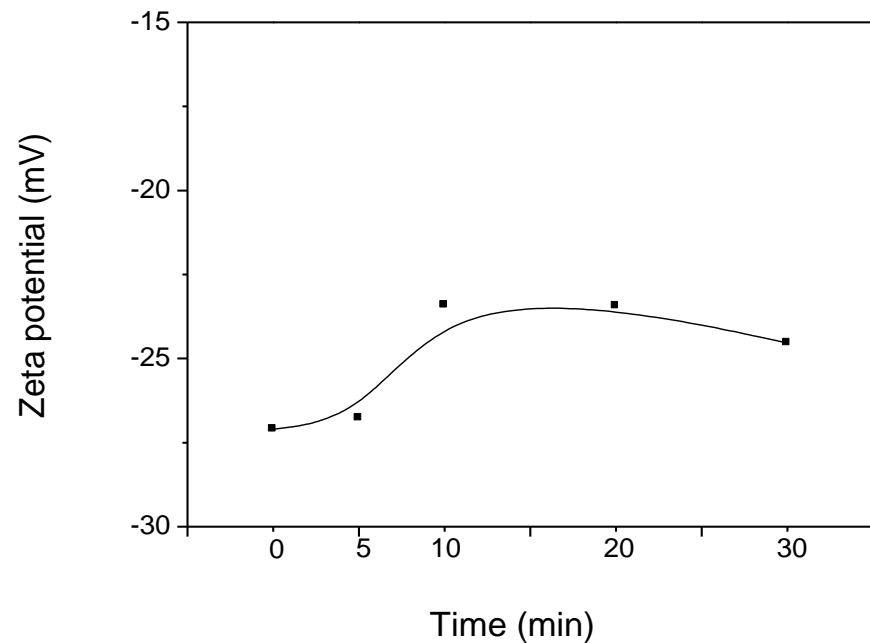


Figure . Zeta potential of the carbon blacks by Oxygen Plasma studied.

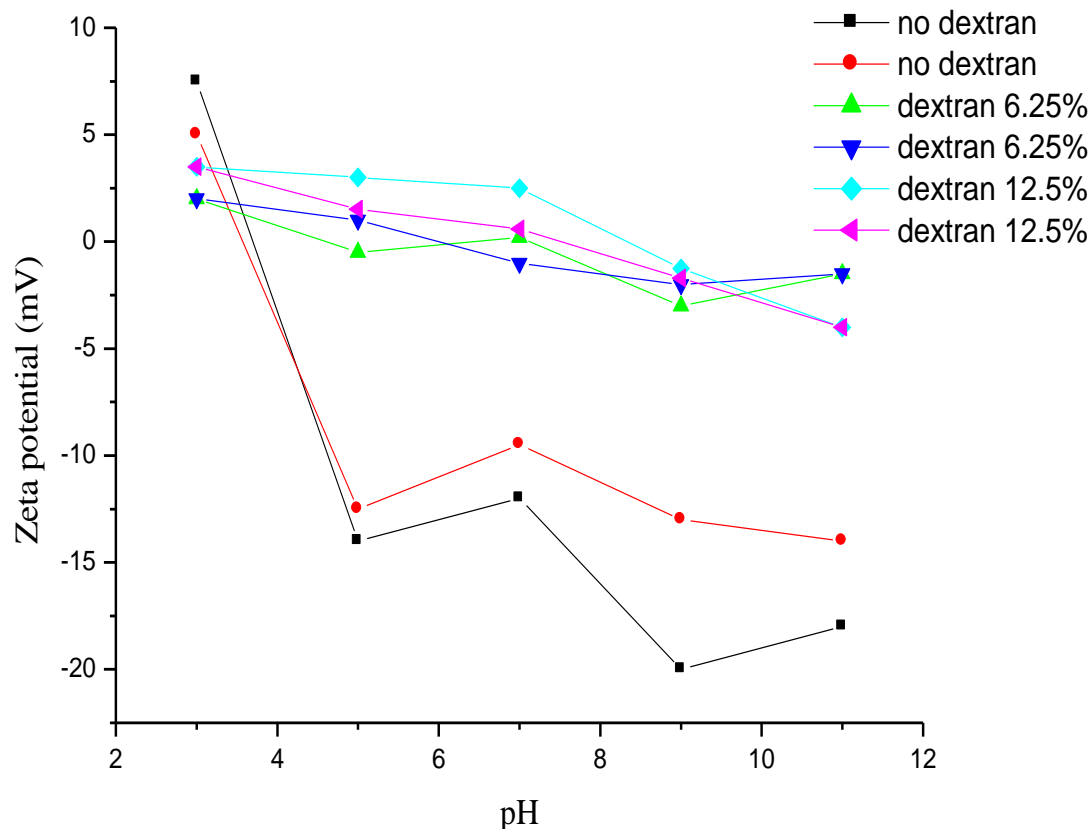
II. 다양한 시료의 제타전위 측정

정전기적 안정성과 입체안정성의 차이

정전기적 안정성이란
콜로이드나 무기물입자에 이온교환
(ex: pH의 변화, 이온세기의 변화)
에 의하여 분산되는 메커니즘
(DLVO, Van Der Waals에 관계)

입체안정성이란
콜로이드나 무기물입자에 고분자
첨가물로 분산하여 입자의 코팅
또는 안정성을 주는 메커니즘

저농도 입자의 가교형성
중농도 입체안정성 형성
고농도 고분자의 고갈 또는
결합



공기중의 Ferrofluid에 pH변화에
따른 ZETA-Potential

❖ 출처 : 오츠카전자(주) 기술자료