

Light Scattering 에 의한 입자분포 측정방법



I. 측정 원리

입 경
입경분포

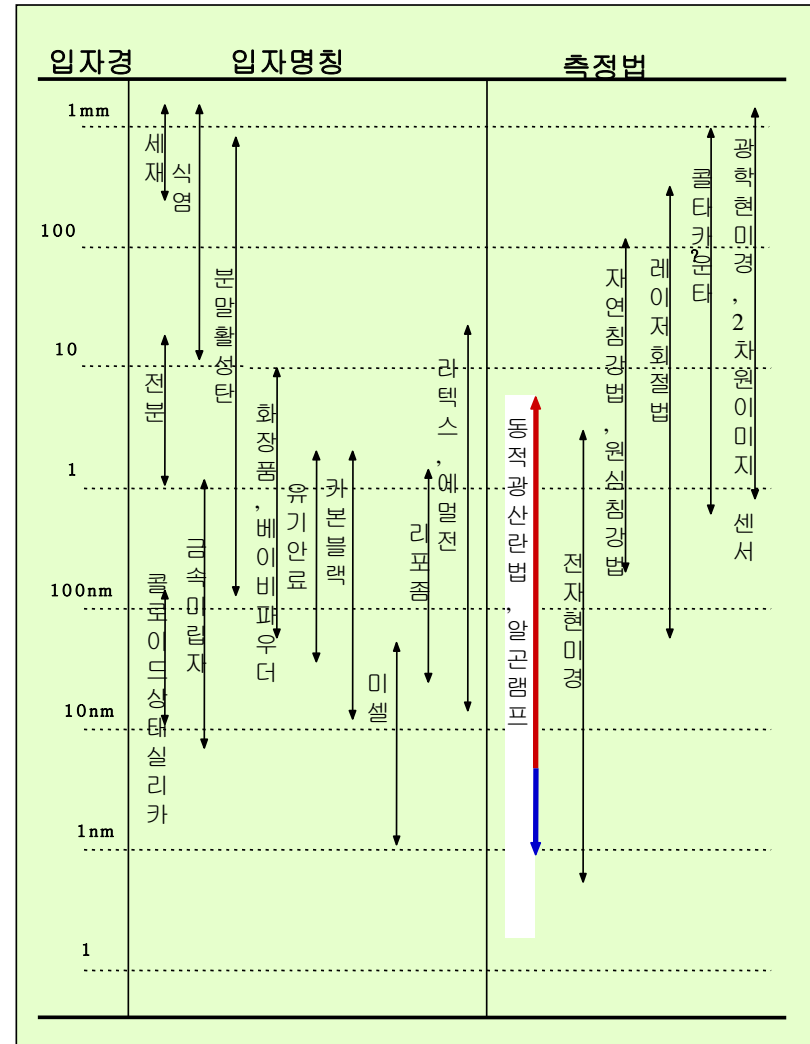
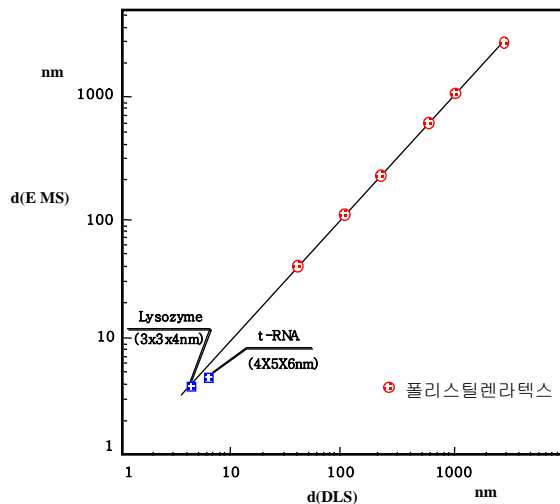
Particle Size
Particle Size Distribution

동적광산란법

Dynamic Light Scattering

측정범위 3nm ~ 5μm (He-Ne Laser)
1.4nm ~ 5μm (Ar Laser)

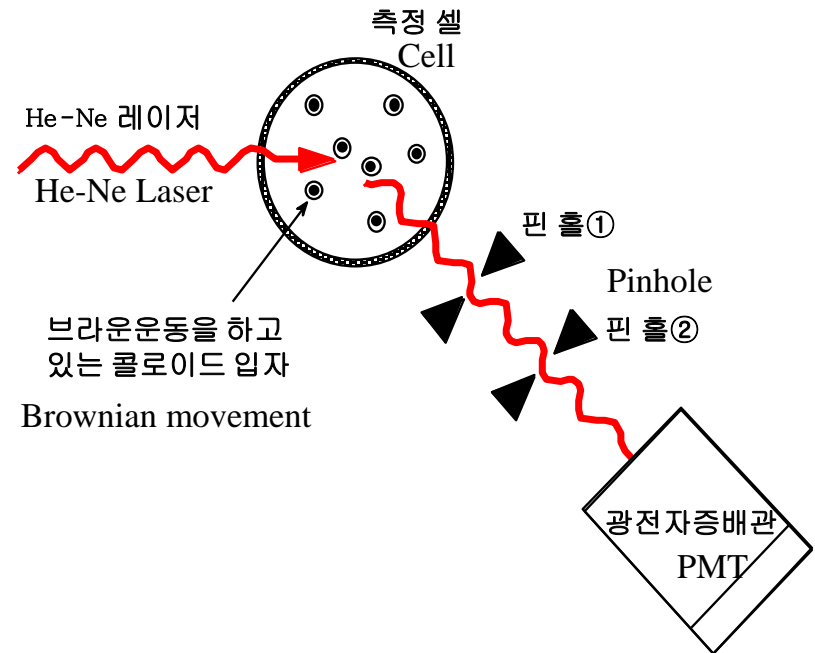
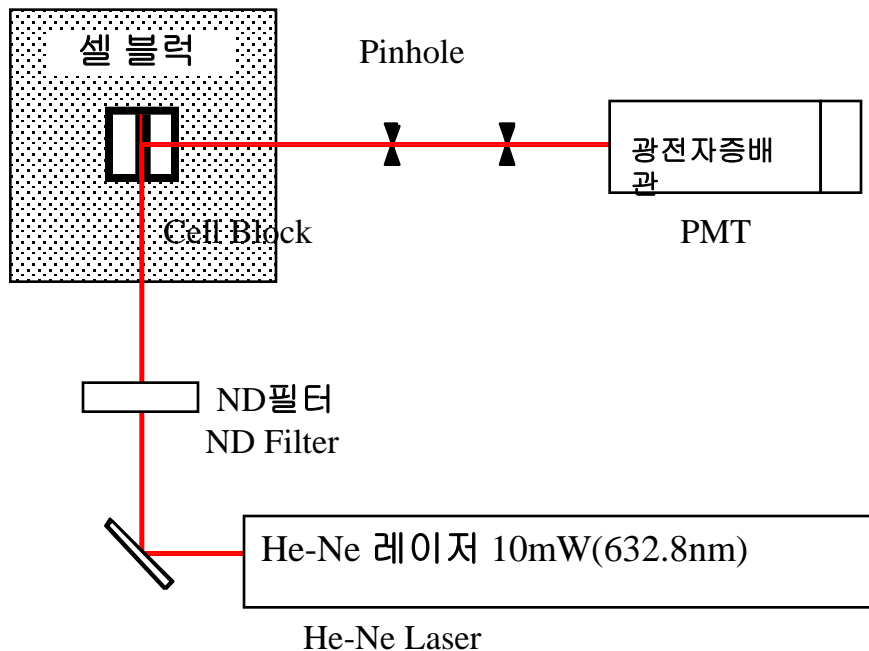
전자현미경(EMS)값과의 비교



I. 측정 원리

측정 원리 Principle of Measurement

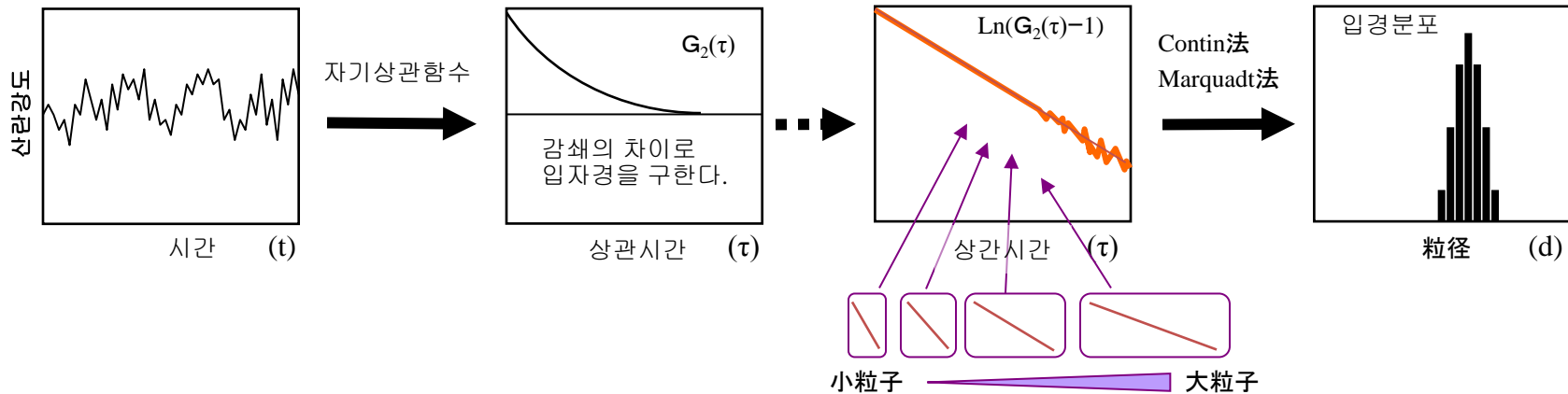
입경 측정 Measurement of Particle Size



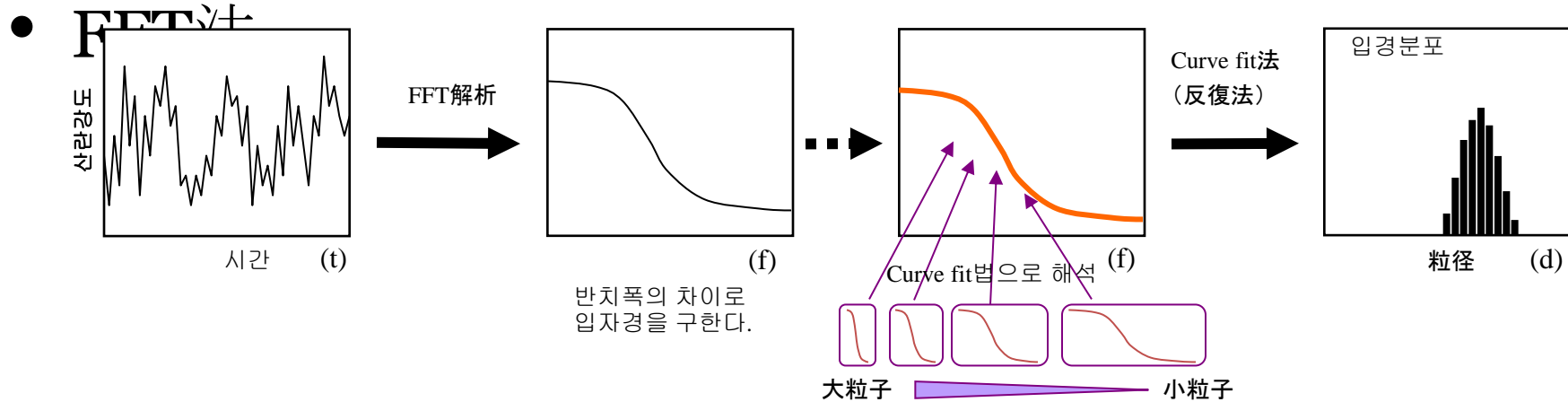
II. 측정방법

• 광자상관법

산란강도의 흔들림

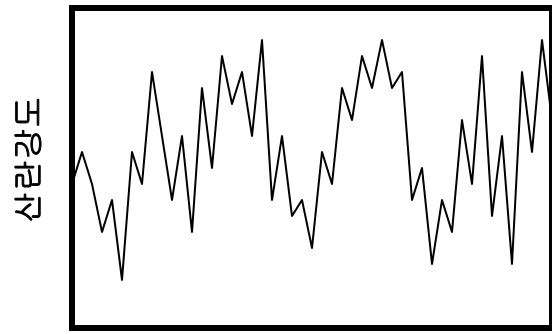


산란강도의 흔들림



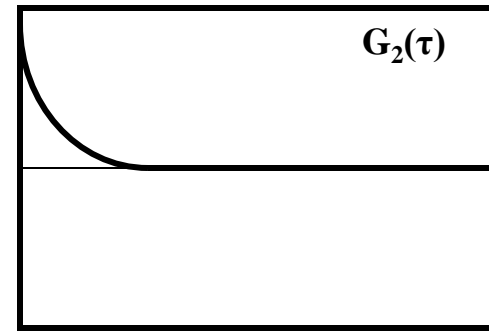
II. 측정방법

소입자의 산란강도와 자기상관함수



(t)

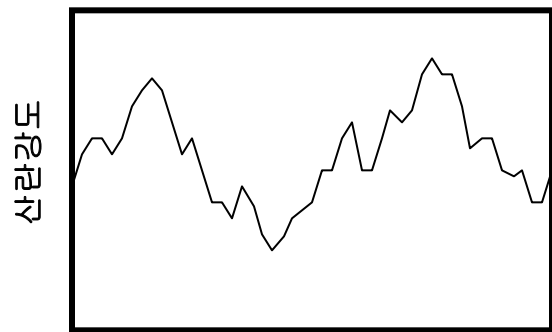
소입자의 산란광은 강도가 급격하게 변동한다.



(τ)

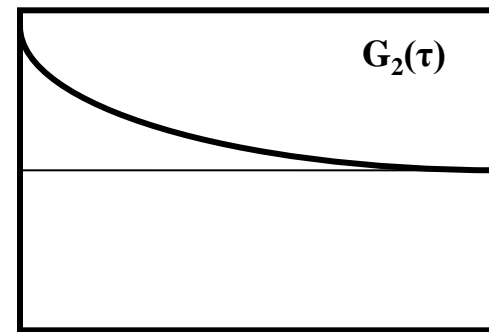
소입자의 자기상관함수는 급격히 감쇄한다.

대입자의 산란강도와 자기상관함수



(t)

대입자의 산란광은 강도가 완만하게 변동한다.



(τ)

대입자의 자기상관함수는 완만하게 감쇄한다.

II. 측정방법

● 동적광산란법의 원리

산란광의 흔들림을 측정하고, 자기상관함수로 해석하여 얻어지는 $G_2(\tau)$ 은 (1)식으로 나타낼 수 있습니다.

$$G_2(\tau) = 1 + \alpha (G_1(\tau))^2 \quad \dots (1)$$

$G_2(\tau)$: 2차 자기상관함수

$G_1(\tau)$: 1차 자기상관함수

τ : 상관시간 ($\mu \text{ sec}$) , α : 정수

입경이 단분산의 경우, $G_1(\tau)$ 은 指数함수를 사용하여 (2)식으로 나타낼 수 있습니다.

$$G_1(\tau) = \exp(-\Gamma \tau) \quad \dots (2)$$

$$\Gamma = q^2 D \quad \dots (3)$$

$$q = 4 \pi n_0 / \lambda_0 \cdot \sin(\theta / 2) \quad \dots (4)$$

Γ : 감쇄정수

D : 확산계수 (브라운운동)

q : 산라벡터

θ : 측정각도

n_0 : 용매의 굴절율

λ_0 : 레이저광의 파장

여기서, (2)식의 양변에 자연대수를 취하면, (5)식으로 나타낼 수 있습니다.

$$\ln(G_1(\tau)) = -\Gamma \tau \quad \dots (5)$$

즉, 자기상관함수의 종축을 자연대수로 표시하여 얻어진 그래프의 기울기에서 확산 계수(Γ)를 얻을 수 있으며, 아인슈타인·스토크의 식을 이용하여 입경(d)을 계산할 수 있습니다.

● 아인슈타인·스토크의 식

상기의 이론전개로 얻어진 확산계수 D 에서, 다음식을 사용하여 입경 d 를 구할 수 있습니다.

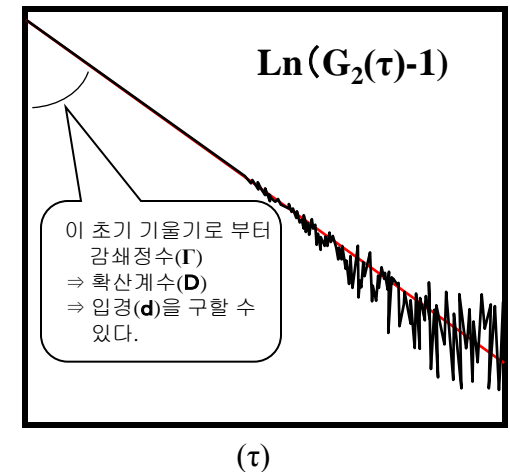
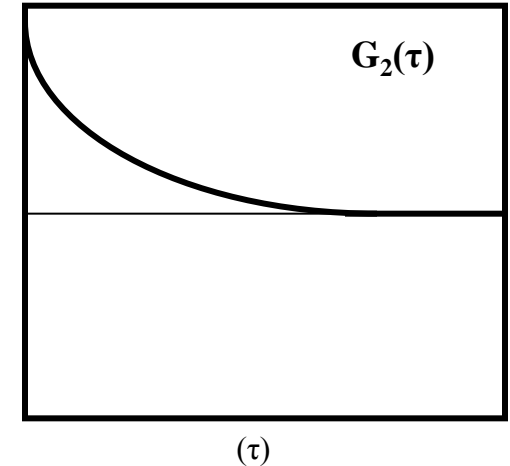
$$d = k T / (6 \pi \eta_0 D) \quad \dots (6)$$

d : 유체역학적 반경 (스토크 반경)

T : 절대온도

k : 볼트만 정수

η_0 : 용매의 점도



II. 측정방법

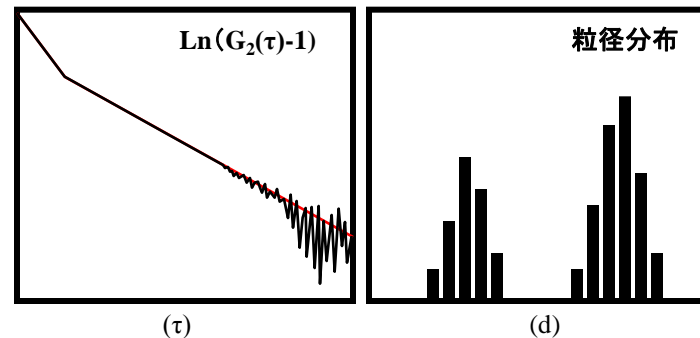
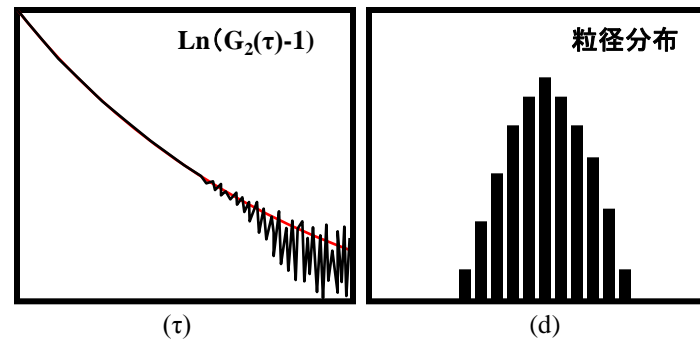
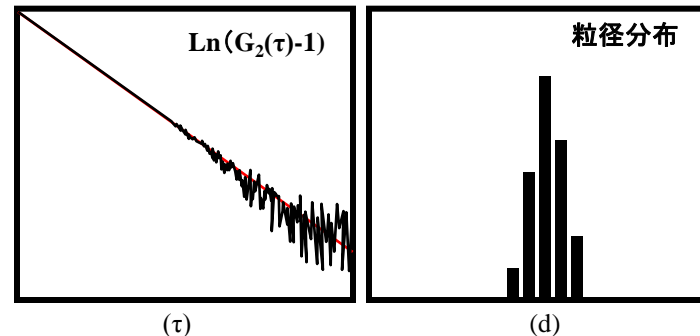
● 서로 다른 입경분포의 해석 개요

입경분포해석은, 자기상관함수 ($\ln(G_2(\tau)-1)$)의 기울기 성분을 구하기 때문에 상관함수의 형태가 직선인지 곡선인지에 따라, 서로 다른 입경분포가 얻어집니다.

① 자기상관함수가 직선일 경우 \Rightarrow 샤프한 단일분포

② 상관함수가 완만한 곡선일 경우 \Rightarrow 완만한 분포
(근접된 다성분 피크)

③ 상관함수가 극단적인 곡선의 경우 \Rightarrow 다성분 피크의 분포



II. 측정방법

브라운운동을 하고있는
콜로이드 입자

- 핀홀 광학계
- 광전자증배관

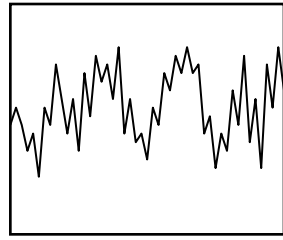
PM

• 小粒子
⇒ 브라운운동이 격심하다.

• 大粒子
⇒ 브라운운동이 완만하다.

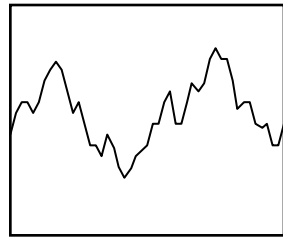
산란강도의 흔들림

도음관



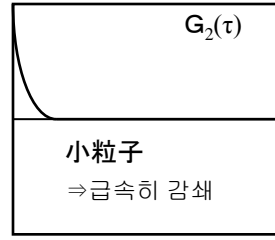
小粒子
⇒ 산란강도가 심하게 변동

도음관

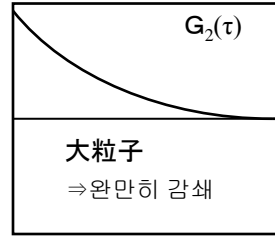


大粒子
⇒ 산란강도가 완만하게 변동

자기상관함수

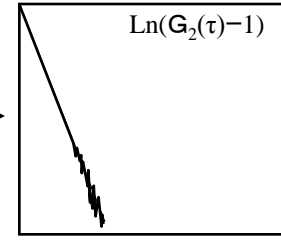


小粒子
⇒ 급속히 감쇄

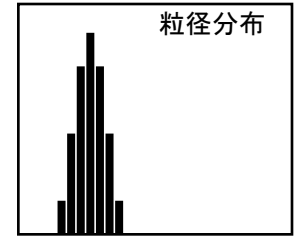


大粒子
⇒ 완만히 감쇄

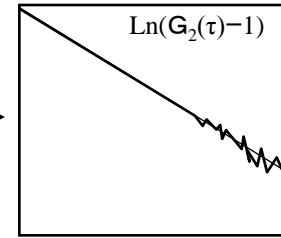
자기상관함수의 입경·입경분포 해석



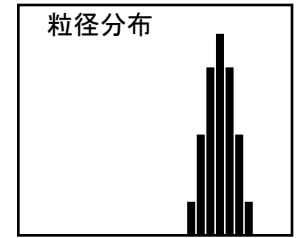
(tau)



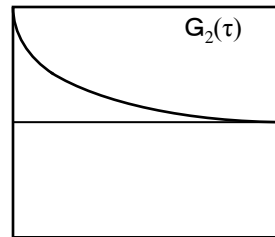
(d)



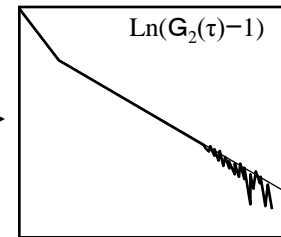
(tau)



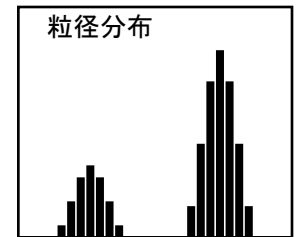
(d)



혼합샘플
⇒ 급속한 감쇄성분과 완만한 감쇄성분이 섞여 있다.

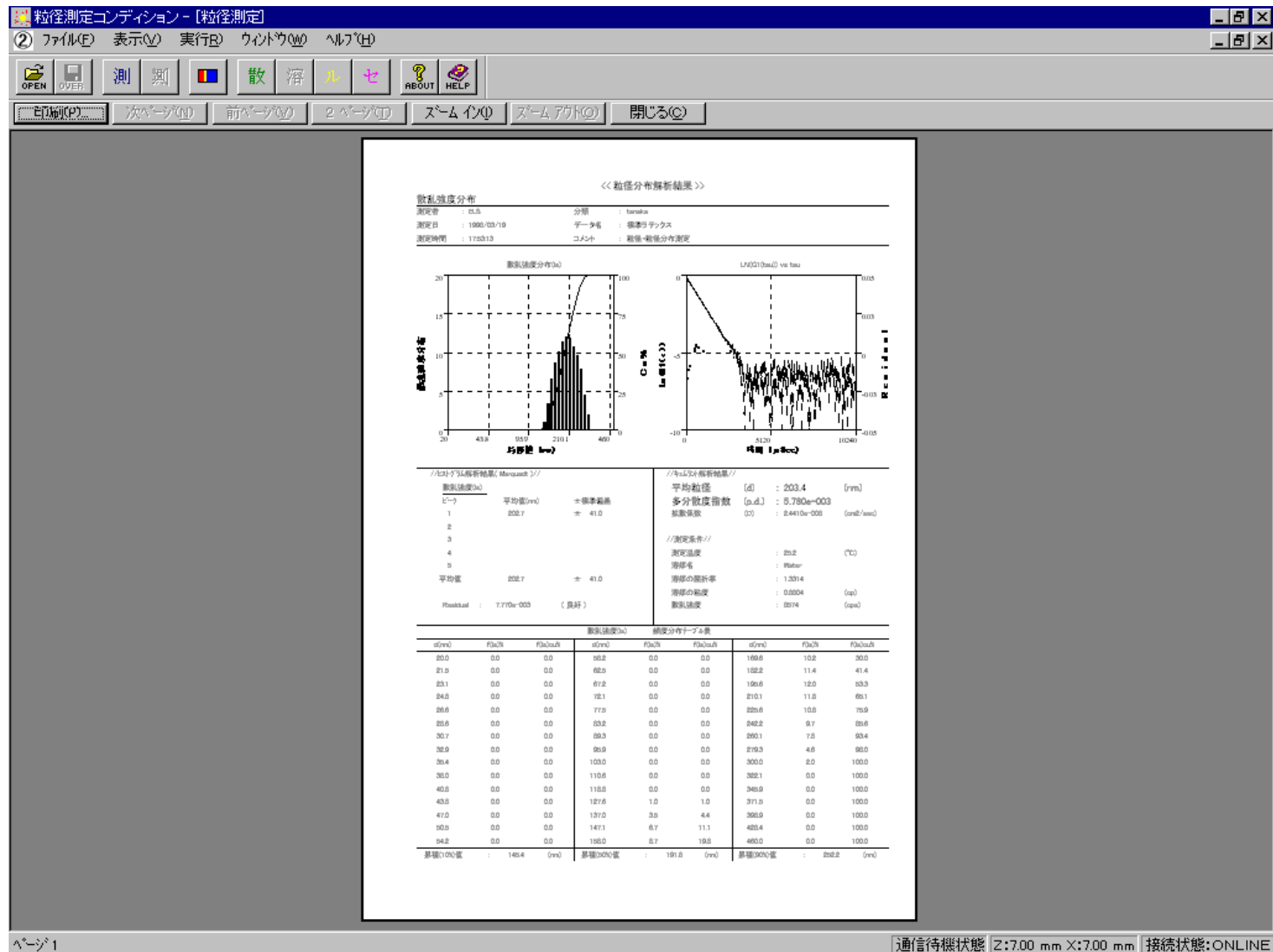


혼합샘플
⇒ 서로다른 기울기 성분이 섞여 있다.



혼합샘플
⇒ 서로다른 입경성분이 입경 분포로 해석된다.

III. 실제 측정 예



❖ 출처 : 오즈카전자(주) 기술자료