

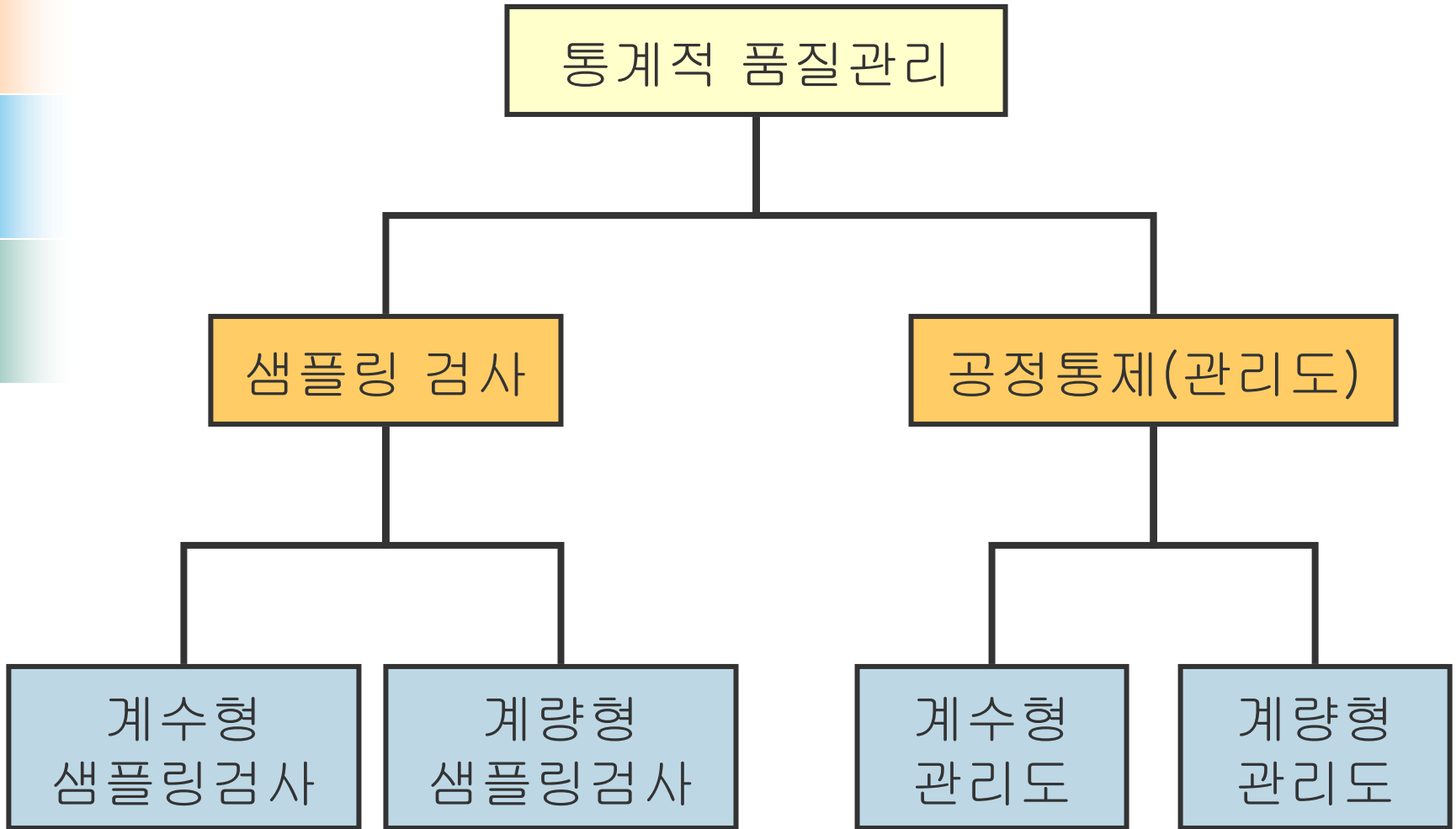
# 통계적 품질관리

1. 품질관리시스템의 설계
2. 샘플링검사
3. 공정통제
4. 계량형 관리도
5. 계수형 관리도

# 품질관리의 의의

- 설계품질, 제조품질, 검사품질 등 3가지 종류의 품질을 계획하고 통제하는 것. 품질관리는 제품설계로부터 원자재의 구입, 제조공정은 물론, 판매 후의 서비스까지 보증활동.
- 품질관리의 기대효과
  - ① 불량품의 감소, 품질의 균일화
  - ② 제품원가의 절감, 제품가격의 인하가 가능
  - ③ 생산량 증가와 합리적 생산계획 수립 가능
  - ④ 기술부문과 제조현장 및 검사부문의 밀접한 협력관계 형성
  - ⑤ 작업자의 품질의식과 책임감 고취
  - ⑥ 통계적 기법의 활용으로 검사비용 절감
  - ⑦ 사내 구성원의 원활한 인간관계, 사외 이해관계자에게 높은 신용 제공
  - ⑧ 원자재 공급자 및 생산자와 소비자 간의 공정한 거래 형성

# 통계적 품질관리의 체계



# 품질관리시스템의 설계

- 품질관리시스템의 4가지 설계 요인

- 검사시점
- 측정치의 유형
- 검사의 크기
- 검사자

- 검사시점

- 수 입 검 사 : 구입 원자재에 대한 검사
- 공 정 검 사 : 생산공정 중의 재공품에 대한 검사
- 완제품검사 : 완제품을 생산하여 고객에게 출하하기 전 또는 재고로 두기 전에 하는 검사

# 측정치의 유형

---

- 계수치(**attribute**)

- 불량품의 개수나 단위 당 결점 수와 같이 셀 수 있는 측정치
- 통계적으로 계수치는 이항분포나 포아송 분포와 같은 이산형 분포를 취함.

- 계량치(**variable**)

- 길이, 무게, 강도 등과 같이 연속적인 값을 갖는 측정치
- 통계적으로 계량치의 분포는 정규분포와 같은 연속형 분포를 취함.

# 검사의 크기

---

- 전수검사

- 모집단 전체를 검사(100%검사)

- 전수검사는 검사비용이 불 검사비용보다 작을 때,  
또는 약품과 같이 제품이 생명과 관계되는 경우, 고압가스  
용기나 차량용 브레이크 시스템 등과 같이 불량품 사용에  
따른 엄청난 인명피해나 재산피해가 예상되는 경우에는  
반드시 전수검사를 하여야 함.

- 불량품 비용은 고객에게 인도된 불량품으로부터 발생하는  
재작업, 보증비, 미래 상실이익 등 포함.

- 표본검사(Sampling inspection)

- 랏(lot)별로 표본을 추출하여 검사하고 lot의 합격여부를 판정.

- 표본검사가 유리한 경우는 다음과 같다.

- 불량품이 다소 섞여도 되는 대량사용품목(못, 나사못, 와셔, 벽돌 등)

- 검사항목이 많아 검사비용 및 검사시간이 많이 소요되는 품목

- 파괴검사품목

- 개별적 검사가 무의미한 경우 (예, 금형으로 가공되는 품목)

- 연속생산물 (예, 필름, 전선, 직물, 종이 등)

- 품질향상의식을 고취시키고자 할 경우

- 검사자

- 작업자 자신, 기업 내부의 전문 검사자, 외부의 검사자

또는 이들의 혼합형태

## 2. 샘플링검사

---

- 샘플링검사

- 샘플링 검사란 로트로부터 임의로 표본을 추출하여 검사한 다음, 그 검사결과에 따라 전체 로트의 수용 여부를 결정하는 통계적 품질관리기법
- 샘플링검사는 고객이 공급자가 품질규격을 충족시키고 있는지, 또는 생산자가 제품을 출하하기 전에 제품이 품질표준을 충족시키고 있는지를 확인하기 위해 사용



# 계수형 1회 샘플링검사

- 1회 샘플링검사법에서는 크기  $N$ 의 로트로부터 표본 크기  $n$ 의 표본을 1회만 추출하여 검사한 다음, 그 결과에 따라 로트의 합격·불합격 여부를 결정
- 기호의 정의

$n$  = 표본의 크기 ( $n \leq N$ )

$c$  = 합격판정개수 (acceptance number)

$x$  = 표본에서 발견되는 불량품의 수

# 계수형 1회 샘플링검사

- 의사결정

- 만일  $x \leq c$ 면 그 로트는 합격  
 $x > c$ 면 그 로트는 불합격

- 예 : 크기 10,000개( $N = 10,000$ 인)의 어떤 로트에서 무작위로 100개( $n = 100$ )를 샘플로 뽑아 검사하였더니 불량품이 3개( $x = 3$ )였고, 합격판정개수가  $c = 2$ 개라면,  $x = 3 > c = 2$ 이므로 이 로트는 불합격

- 1회 샘플링검사법에서  $n$ 과  $c$ 의 값 결정요인
  - 합격품질수준(AQL)
  - $\alpha$  = 불량률이 AQL일 때 로트를 불합격시킬 확률
    - = 생산자위험
    - = 제1종의 오류
  - 로트허용불량률(LTPD)
  - $\beta$  = 불량률이 LTPD일 때 로트가 합격될 확률
    - = 소비자위험
    - = 제2종의 오류

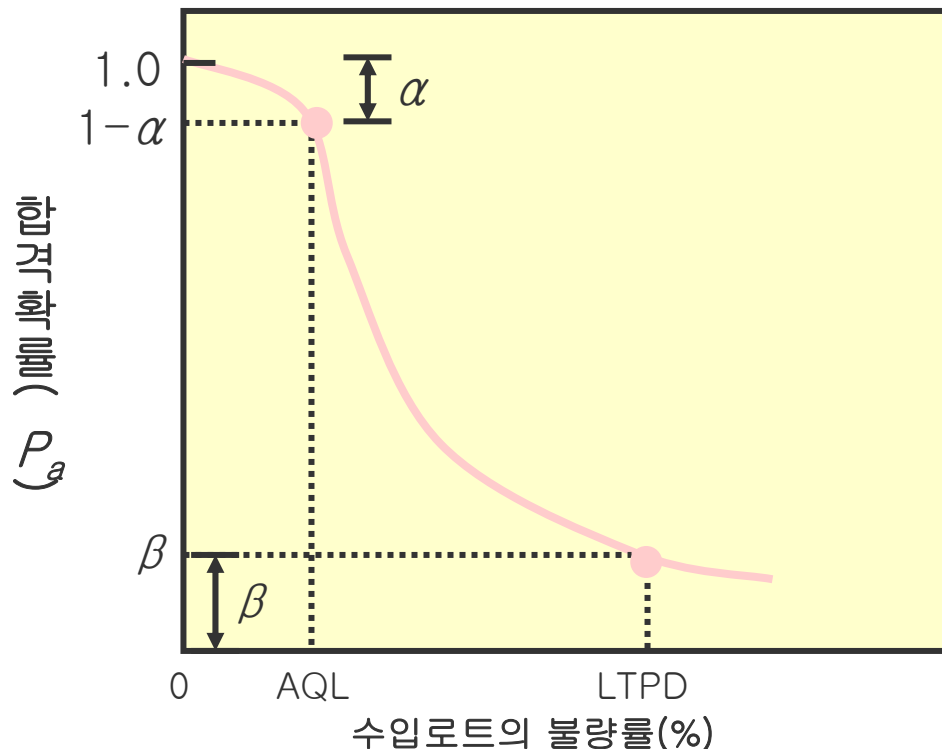
# 계량형 샘플링검사

---

- 품질측정치가 연속적인 값을 갖는 경우
- 표본에 포함되는 모든 품목들의 품질특성 치를 측정하고 이들의 평균치를 계산한 다음, 이 표본평균치가 미리 정해진 기준치를 충족시키면 그 로트를 받아들이고 그렇지 않으면 거부

# 검사특성곡선(operating characteristic curve)

- 수입로트의 품질수준과 로트의 합격 확률간의 관계.
- OC곡선은 주어진 샘플링검사법이 로트의 양·불량을 얼마나 잘 가려내는가의 판별력을 나타냄.
- OC곡선의 형태



# 로트의 합격확률 $P_a$ 의 계산

$$P_a = \sum_{k=0}^c \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k (1-p)^{n-k} \quad (\text{이항분포})$$
$$\approx \sum_{k=0}^c \frac{e^{-np} (np)^k}{k!} \quad (\text{포아송분포})$$

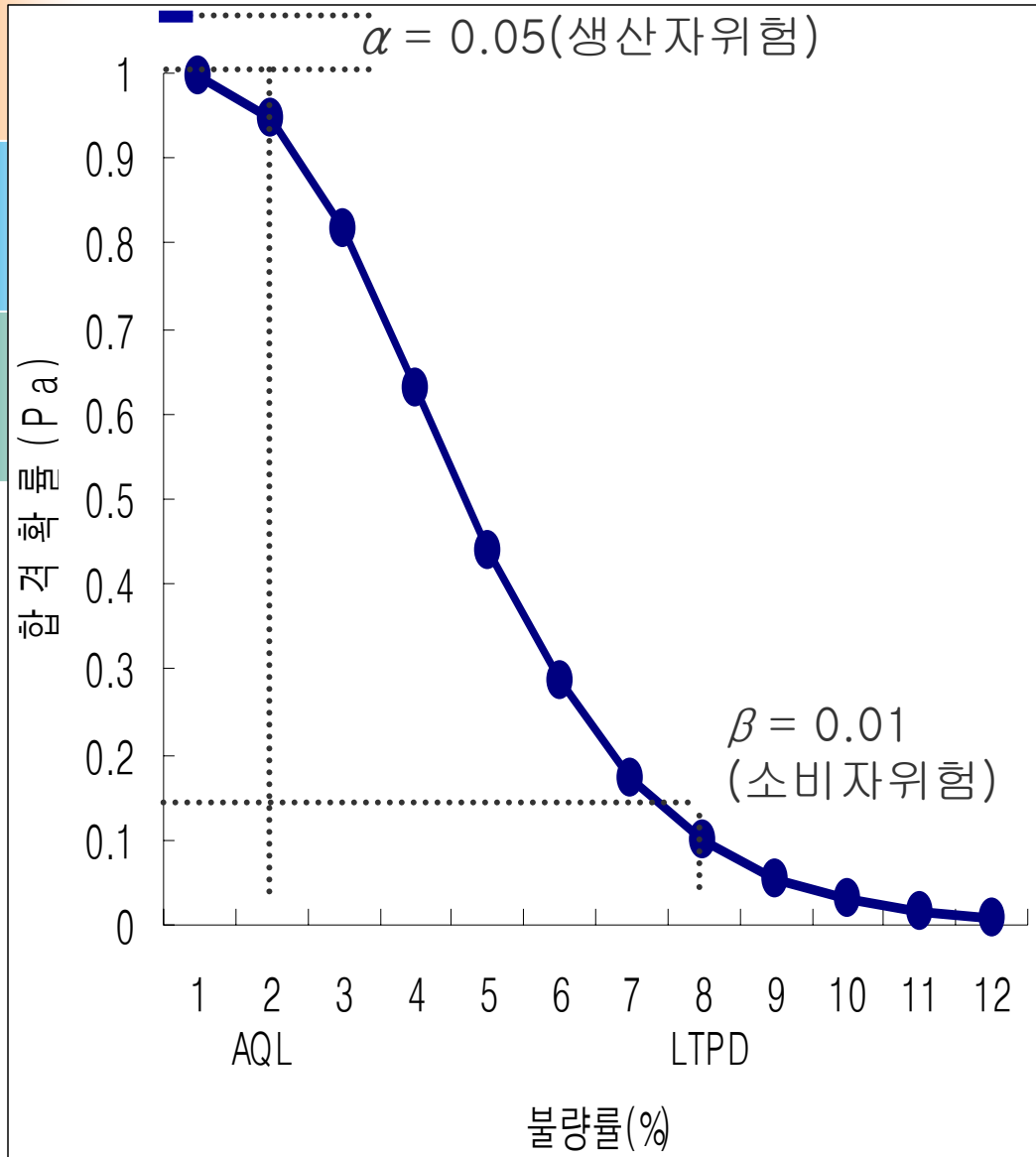
여기서  $p$  = 수입 로트의 불량률

$n$  = 표본의 크기

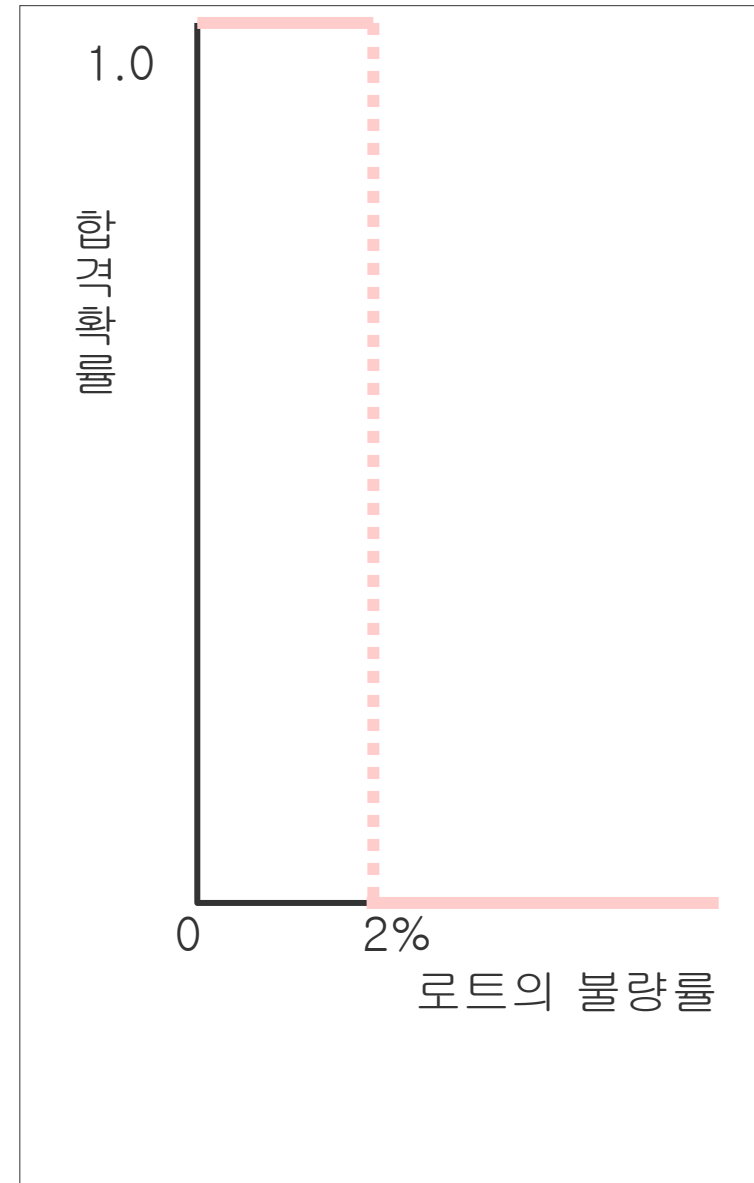
$c$  = 합격판정개수

$k$  = 표본에서 발견되는 불량품의 수

# OC곡선



# 이상적인 OC곡선



# 공정통제

---

## ■ 품질변동

### • 공정상의 품질변동의 원인

- 우연변동 : 우연원인에 의한 품질변동으로서 표준화된 제조조건 하에서 생산되었음에도 불구하고 발생하는 자연적인 품질변동
- 이상변동 : 이상원인에 의한 품질변동으로서 우연변동과는 달리 비교적 변동의 폭이 크며 그 원인을 추적할 수 있음.



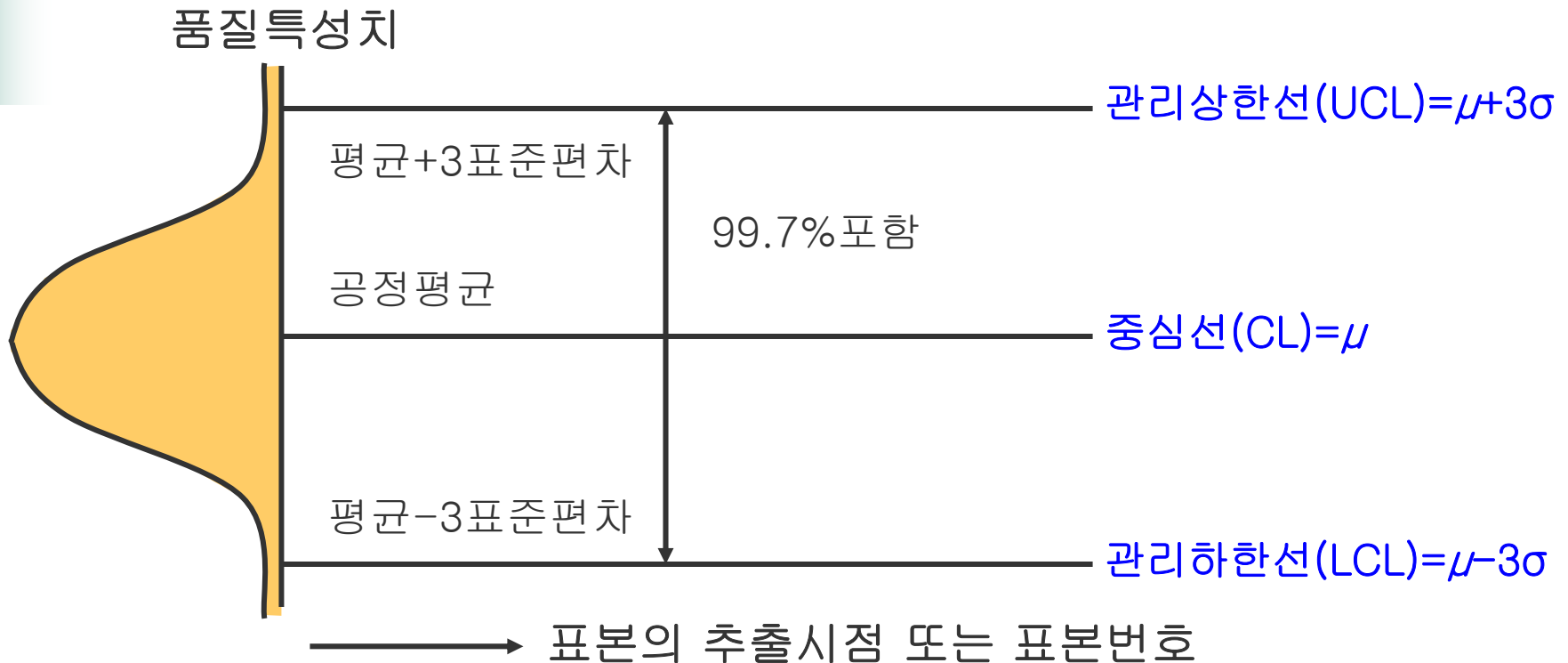
# 공정통제

---

- 공정통제의 대상은 이상원인에 의한 품질변동
  - 품질변동이 우연원인에 의해서만 발생할 때 이 공정은 관리되고 있는 상태에 있다고 함.
  - 공정통제에서는 이상변동의 원인을 찾아내어 제거함으로써 공정을 통계적으로 관리되고 있는 상태로 유지하기 위해 관리도를 사용

# 관리도와 관리한계

- 관리도(control chart)란 생산공정으로부터 정기적으로 표본을 추출하여 얻은 자료치를 점으로 찍어가면서 이 점들의 위치 또는 움직임의 양상에 따라 공정의 이상유무를 판단하는 통계적 품질관리기법

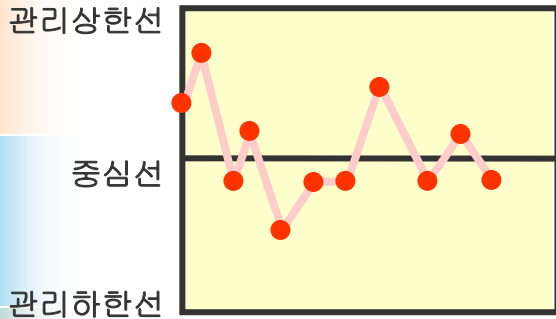


# 관리도의 운용

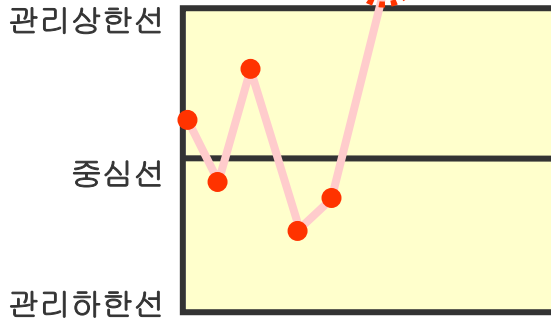
---

- 생산공정이 안정된 상태가 되면 정기적으로 표본을 추출하여 필요한 표본통계량(예 : 표본평균, 표본범위, 표본의 불량률 등)을 계산하여 관리도상에 점으로 찍음.
- 점들이 모두 관리한계 내에서 무작위로 변동한다면 생산공정에는 우연변동만 있고 이상변동은 없으므로 정상으로 판단하여 생산공정을 계속 가동시켜 나감.
- 그러나 점들이 관리한계를 벗어나거나 관리한계 내에 있더라도 작위적인 변동을 보이면 이상원인이 작용하고 있는 것으로 판단하여 생산공정을 중단시키고 이상원인을 찾아 제거.

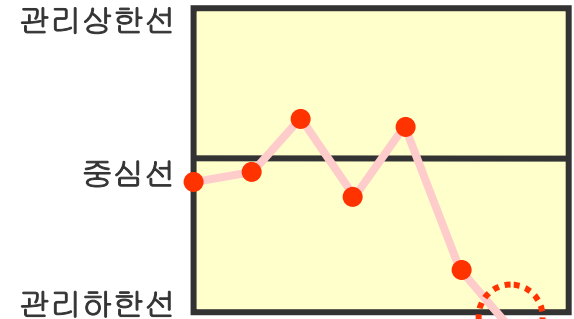
# 조사가 요구되는 관리도상의 변화



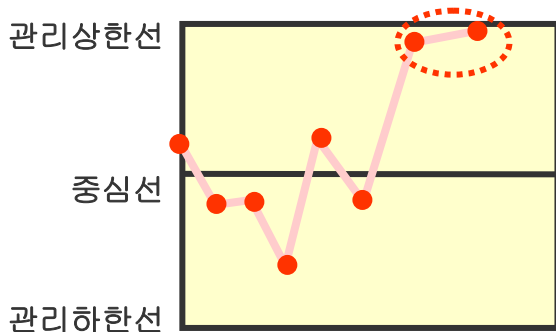
정상적인 움직임



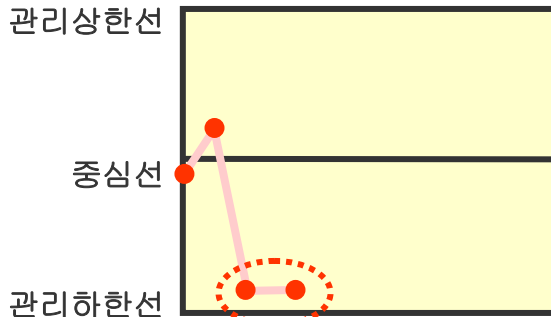
점 하나가 관리상한선을 벗어났으므로 그 원인을 조사해야 함



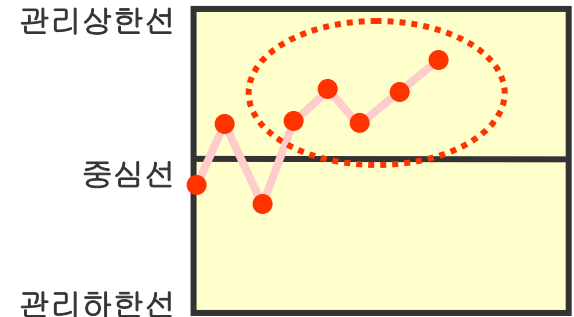
점 하나가 관리하한선을 벗어났으므로 그 원인을 조사해야 함



두 점이 관리상한선에 근접해 있으므로 원인 조사가 필요



두 점이 관리하한선에 근접해 있으므로 원인 조사가 필요

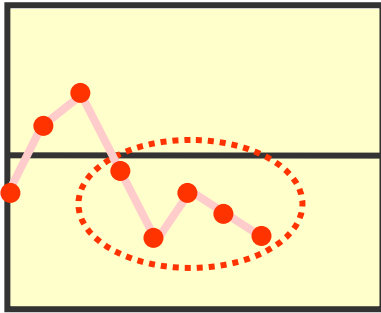


연속해서 5점이 중심선 위에 있으므로 원인 조사가 필요

관리상한선

중심선

관리하한선

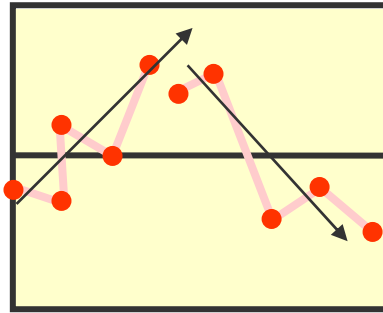


연속해서 5점이 중심선 아래에 있으므로 원인 조사가 필요

관리상한선

중심선

관리하한선

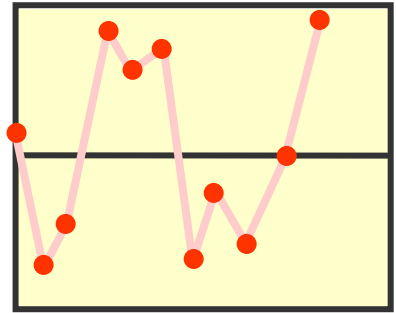


증가 또는 감소의 추세가 있으므로 이와 같은 점진적인 변화에 대한 조사가 필요

관리상한선

중심선

관리하한선

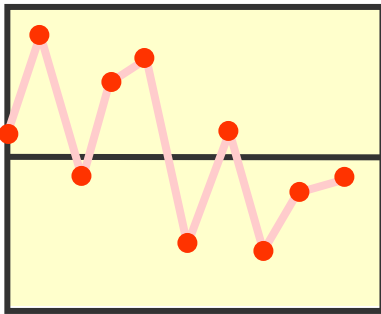


점들의 특이한 변화에 대한 조사가 필요

관리상한선

중심선

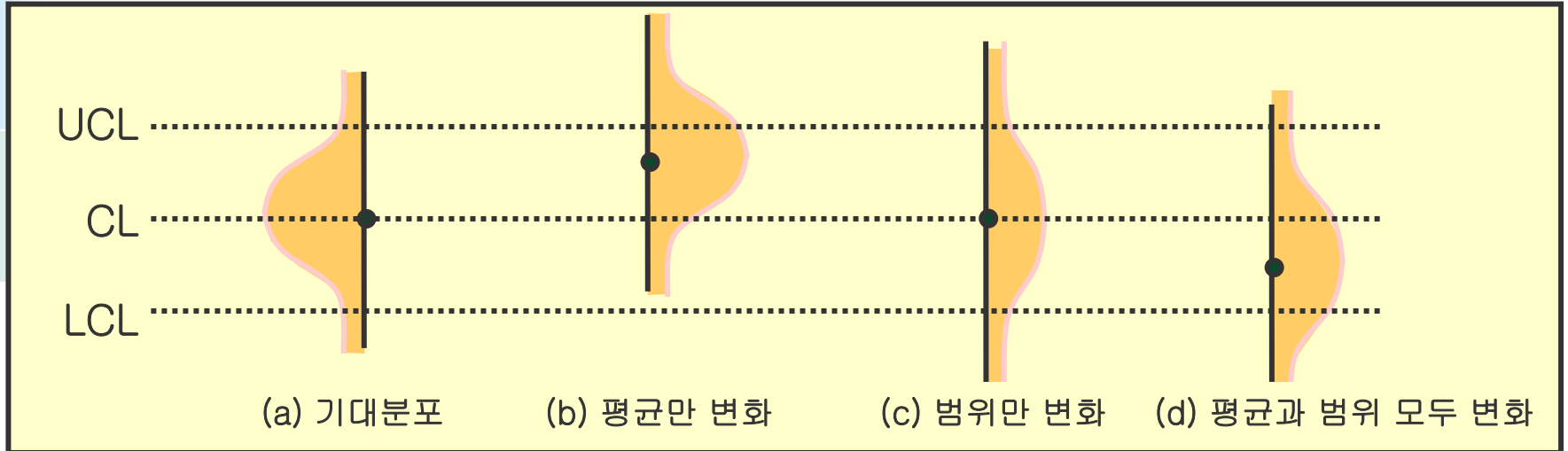
관리하한선



급격한 변화에 대한 원인조사가 필요

# 계량형 관리도

- 품질특성이 무게, 길이, 인장강도 등과 같이 연속적인 값을 갖는 계량치로 나타날 때 사용



- 품질특성치의 평균과 변동폭의 변화

# 계량형 관리도

---

- 평균과 분산은 품질특성치의 분포를 결정하므로 평균 또는 분산에 중요한 변동이 있었다는 것은 곧 생산공정에 중요한 변동이 있었다는 것을 의미
- 공정의 평균관리 : 평균치관리도( $\bar{X}$ 관리도)
- 공정의 분산(변동폭) 관리 : 범위관리도( $R$ 관리도)
- 공정의 평균과 분산 동시 관리 : 평균치 및 범위관리도 ( $\bar{X}-R$  관리도)

# $\bar{X}$ 관리도

- $\bar{X}$  관리도에서는 생산공정으로부터 추출한 표본의 평균치들을 관리도상에 타점하여 이상원인에 의해 품질특성의 공정 평균이 변화하였는지를 판단
- 표본평균  $\bar{X}$  와 표본범위  $R$ 의 계산

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$R = \max_i X_i - \min_i X_i$$

여기서  $\bar{X}$  = 표본평균

$X_i$  = 표본 속의  $i$  번째 품목의 품질특성 측정치

$n$  = 표본 크기

$R$  = 표본범위, 즉 표본 속의 가장 큰 측정치와 가장 작은 측정치와의 차이



## 표본평균의 평균 $\bar{\bar{X}}$ 와 표본범위의 평균 $\bar{R}$ 의 계산

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{X}_j}{N}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^N R_j}{N}$$

여기서  $j$  = 표본번호

$\bar{X}_j$  =  $j$ 번째 표본의 평균

$R_j$  =  $j$ 번째 표본의 범위

$N$  = 표본의 수(즉, 표본의 총 추출횟수)

- $\bar{X}$  관리도의 중심선, 관리상한선 및 관리하한선

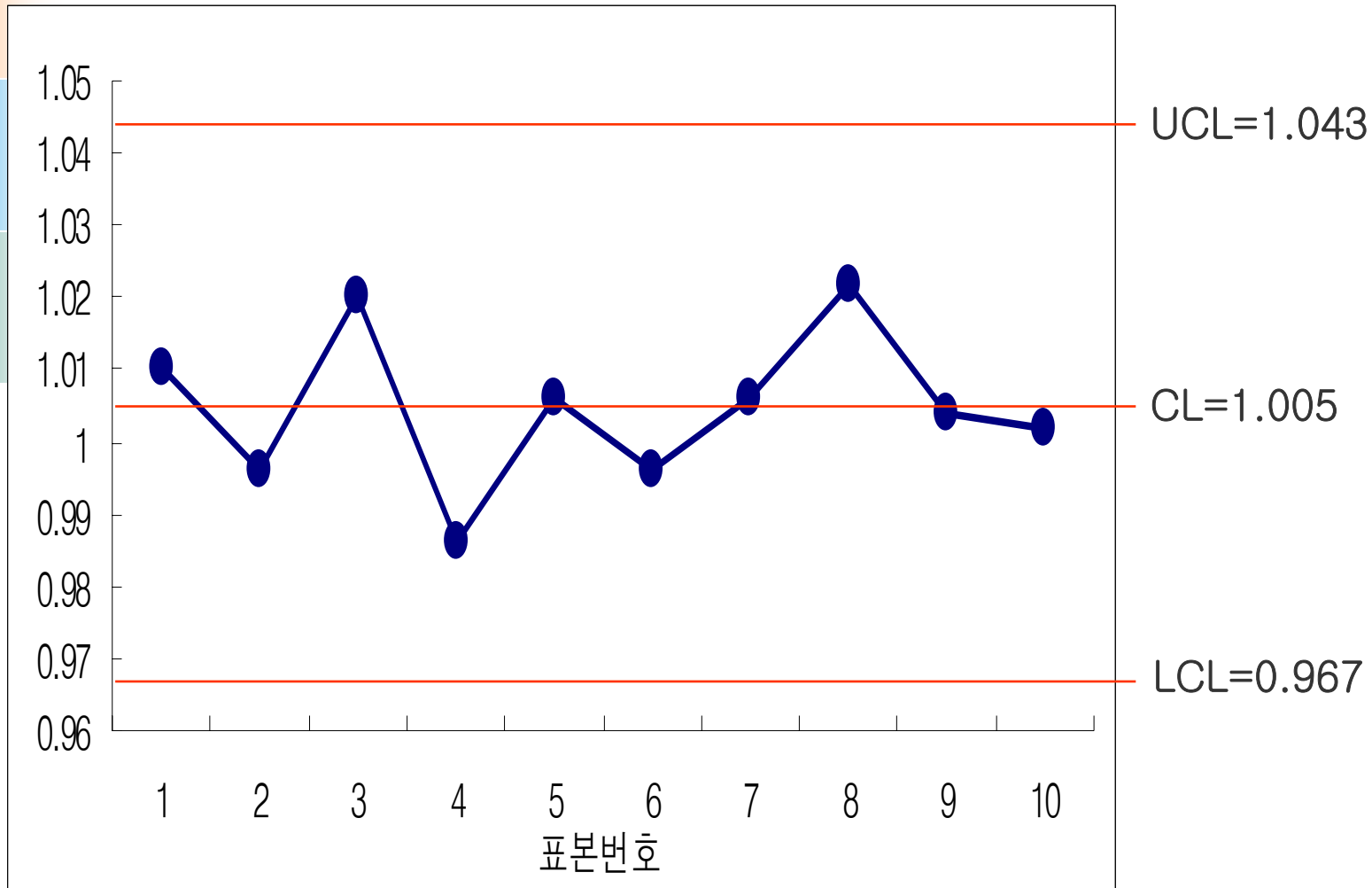
$$CL = \bar{\bar{X}}$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

여기서  $A_2$ 는  $\bar{R}$ 로부터 3표준편차를 구하는 결정계수

# $\bar{x}$ 관리도



# R관리도

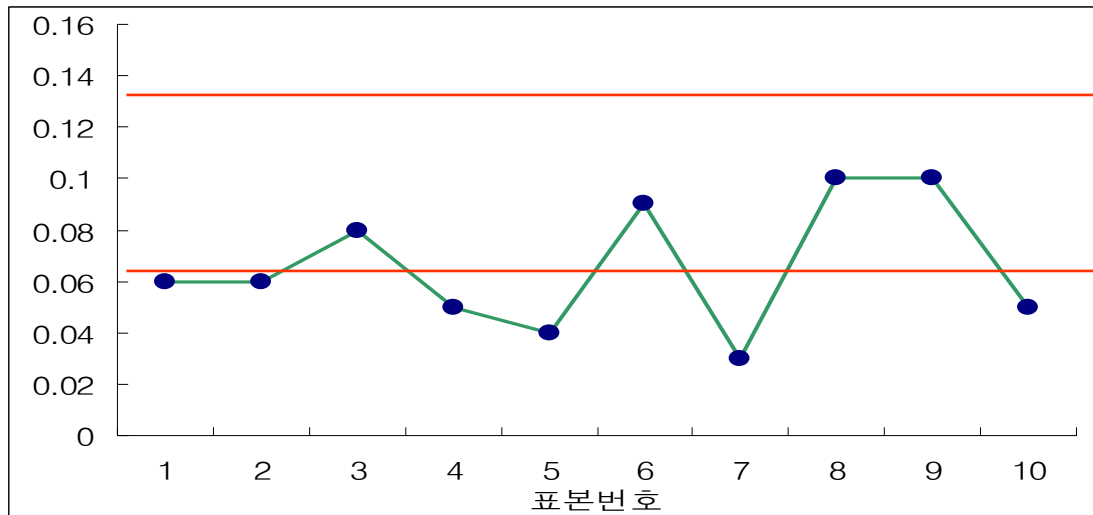
- R관리도의 CL, UCL 및 LCL

$$CL = \bar{R}$$

$$UCL = D_4 \bar{R}$$

$$LCL = D_3 \bar{R}$$

- R관리도



UCL=0.137

CL=0.065

LCL=0.0

# $\bar{X} - R$ 관리도

---

- 공정평균과 공정분산의 이상변동 여부를 다 함께 파악하기 위하여 한 공정에 대하여  $\bar{X}$  관리도와  $R$ 관리도를 함께 적용할 때 이를  $\bar{X} - R$ 관리도라 함.

# 계수형 관리도

- 계수형 관리도

- 불량률관리도( $p$ 관리도)는 제품의 개별 단위가 양품 또는 불량품으로 판정될 때 사용되며, 불량률의 변동을 통제
- 단위당 결점수관리도( $c$ 관리도)는 산출물의 일정 단위당 결점수의 통제에 사용

- $p$ 관리도

- $p$ 관리도에서는 일정한 시간간격마다 생산공정으로부터 임의로 크기  $n$ 의 표본을 추출하여 표본의 불량률을 계산한 다음 이를 관리도상에 점으로 표시

## 표본의 평균불량률( $\bar{p}$ )과 표본불량률의 표준편차( $\sigma_p$ )의 계산

---

$$\bar{p} = \frac{\text{모든 표본에서 발견된 총불량개수}}{\text{표본의 추출횟수} \times \text{표본크기}}$$

$$\text{또는 } \bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^N p_j}{N}$$

(여기서  $N$ =표본의 추출횟수,  $p_j$ = $j$ 번째 표본의 불량률)

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (\text{여기서 } n=\text{표본의 크기})$$

## $p$ 관리도의 CL, UCL 및 LCL

---

$$\text{CL} = \bar{p}$$

$$\text{UCL} = \bar{p} + \sigma_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{LCL} = \bar{p} - \sigma_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

# c관리도

- c관리도의 CL, UCL 및 LCL

$$CL = \bar{c}$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

여기서  $\bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^N C_j}{N}$

$N$  = 표본의 추출횟수

$c_j$  =  $j$ 번째 표본의 단위당 결점수



# C관리도

