

부록



기초 확률통계 이론

공정 산포모수의 추정

확률분포 및 품질관리 계수표

계수 조정형 샘플링 검사표: KS Q ISO 2859

계량 조정형 샘플링 검사표: KS Q ISO 3951

7가지 기본 품질도구

7가지 신품질도구

S U P P L E M E N T A



기초 확률통계 이론

A.1 품질관리에서 사용되는 주요 분포의 요약

A.2 분포의 근사

A.3 표본평균과 분산의 분포

A.1 | 품질관리에서 사용되는 주요 분포의 요약

A.1.1 이산형 분포

(1) 초기하분포(hypergeometric distribution)

이 분포는 크기 N 개의 로트(부적합품이 D 개, 적합품이 $N-D$ 로 이루어진 경우)에서 n 개를 랜덤 추출하는 경우 샘플에 포함된 부적합품의 수가 따르는 분포로서 확률질량함수(Probability Mass Function: PMF)는

$$p(x) = \Pr(X=x) = \frac{\binom{D}{x} \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}, x=0, 1, \dots, \min(N, n) \quad (\text{A.1})$$

이며, 평균과 분산은 다음과 같이 주어진다.

$$E(X) = n \frac{D}{N}, \text{Var}(X) = n \frac{D}{N} \frac{(N-D)}{N} \left(\frac{N-n}{N-1} \right) \quad (\text{A.2})$$

(2) 이항분포(binomial distribution)

부적합(품)률(불량률)이 p 인 공정(생산되는 제품이 부적합품일 확률은 서로 독립인 경우)에서 나온 n 개의 제품을 검사한 경우 부적합품의 수가 따르는 확률질량함수는

$$p(x) = \Pr(X=x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, x=0, 1, \dots, n \quad (\text{A.3})$$

이며, 평균과 분산은 다음과 같이 주어진다.

$$E(X) = np, \text{Var}(X) = np(1-p) \quad (\text{A.4})$$

(3) 음이항분포(negative binomial distribution)

부적합(품)률이 p 인 공정(생산되는 제품이 부적합품일 확률은 서로 독립인 경우)에서 부적합품이 r 개 나올 때까지 검사한 총 제품수가 따르는 확률질량함수는

$$p(x) = \Pr(X=x) = \binom{x-1}{r-1} p^r (1-p)^{x-r}, x = r, r+1, r+2, \dots \quad (\text{A.5})$$

이며, 평균과 분산은 다음과 같이 주어진다.

$$E(X) = r/p, \quad \text{Var}(X) = r(1-p)/p^2 \quad (\text{A.6})$$

여기서 $r = 1$ 인 경우가 기하분포(geometric distribution)이다.

(4) 포아송 분포(Poisson distribution)

제품에 존재하는 부적합수(결점수)를 표현할 때 사용하는 분포로서 확률질량함수는

$$p(x) = \Pr(X=x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!}, x = 0, 1, \dots, m \quad (\text{A.7})$$

이며, 평균과 분산은 다음과 같이 주어진다.

$$E(X) = m, \quad \text{Var}(X) = m \quad (\text{A.8})$$

A.1.2 연속형 분포

(1) 정규분포(normal distribution)

연속형 분포의 대표적인 분포로서 확률밀도함수(Probability Density Function: PDF)는

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, -\infty < x < \infty, \mu < \infty, \sigma > 0 \quad (\text{A.9})$$

이며, 평균과 분산은 다음과 같다.

$$E(X) = \mu, \quad \text{Var}(X) = \sigma^2 \quad (\text{A.10})$$

$Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$ 로 표준화하면 평균이 0이고 분산인 1인 표준정규분포를 따르며, Z 의 확률밀도함수와 누적분포함수(cumulative distribution function, cdf)를 $\phi(\cdot), \Phi(\cdot)$ 로 표기한다.

(2) 감마분포(gamma distribution)

이 분포의 확률밀도함수는

$$f(x) = \frac{\lambda x^{r-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(r)}, x > 0, r > 0, \lambda > 0 \quad (\text{A.11})$$

이며, 평균과 분산은 다음과 같다.

$$E(X) = r/\lambda, \text{Var}(X) = r/\lambda^2 \quad (\text{A.12})$$

감마분포의 특수한 경우로서 먼저 r 이 정수이면 열랑분포(Erlang distribution)라고 하며 두 번째로 $r = n/2$ 이면서 $\lambda = 1/2$ 인 경우는 자유도가 n 인 카이제곱 분포(chi-square distribution)라고 한다. 마지막으로 $r = 1$ 인 경우는 지수분포(exponential distribution)이다.

(3) 다변량 정규분포

정규분포를 다변량으로 확장한 분포로 $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_p)'$ 에 관한 p 변량 정규분포는 평균 열벡터가 $\boldsymbol{\mu}$ 이고 공분산 행렬이 $\boldsymbol{\Sigma}$ 일 때 확률밀도함수는

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\boldsymbol{\Sigma}|^{1/2}} e^{-\frac{(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})' \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})}{2}}, -\infty < x_i < \infty, i = 1, 2, \dots, p \quad (\text{A.13})$$

이 되며, $\mathbf{X} \sim N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ 로 표기한다.

다변량 정규분포에서 가장 단순한 $p = 2$ 인 이변량(bivariate) 정규분포를 따를 때 $\mathbf{x} = (x_1, x_2)'$, $\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \mu_2)'$, $\boldsymbol{\Sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \text{cov}(x_1, x_2) \\ \text{cov}(x_1, x_2) & \sigma_2^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho\sigma_1\sigma_2 \\ \rho\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 \end{bmatrix}$ (단 ρ 는 X_1 과 X_2 의 상관계수)로 두면 식 (A.13)은 다음이 된다.

$$f(x_1, x_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\frac{q(x_1, x_2)}{2}}, -\infty < x_1, x_2 < \infty \quad (\text{A.14})$$

$$(\text{여기서 } q(x_1, x_2) = \frac{1}{1-\rho^2} \left[\left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right)^2 - 2\rho \left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right) \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right) + \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right)^2 \right] \text{임.})$$

확률밀도함수가 특정한 값을 가지는 등고선(contour)은 식 (A.14)로부터

$$\frac{x_1^2}{\sigma_1^2} - 2\rho \frac{x_1 x_2}{\sigma_1 \sigma_2} + \frac{x_2^2}{\sigma_2^2} = c \quad (\text{단, } c \text{는 상수임.})$$

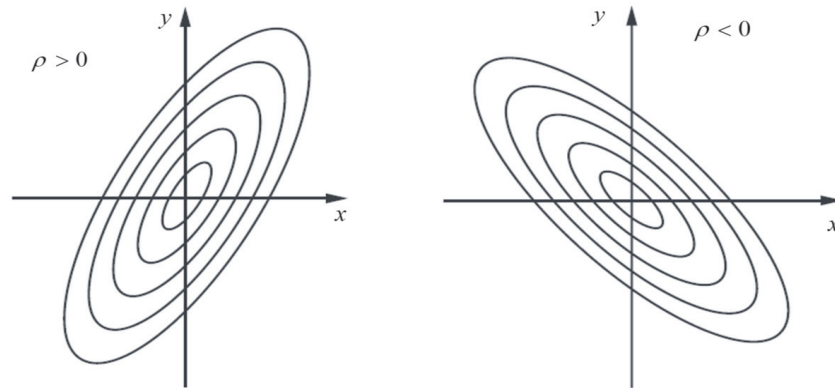


그림 A.1 이변량 정규분포의 등고선도

의 형태가 되며, $\rho \neq 0$ 이 아니면 두 주축이 수평과 수직에 속하지 않는 기울어진 타원이 된다. 그림 A.1에는 상관계수가 양수와 음수일 때의 등고선도를 예시하고 있다.

다변량 정규분포의 중요한 성질은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 주변분포는 정규분포를 따르며, p 변량의 부분집합에 관한 결합분포도 다변량 정규분포를 따른다.
- ② 조건부분포는 (다변량) 정규분포를 따른다.
- ③ $Y = \Sigma^{-1/2}(X - \mu)$ 는 $N_p(0, I_p)$ (단, I_p 는 $p \times p$ 단위행렬)를 따른다.
- ④ c 가 상수로 구성된 열벡터이면, $c'X$ 는 단변량 정규분포를 따른다.
- ⑤ $U = (X - \mu)' \Sigma^{-1}(X - \mu)$ 는 자유도가 p 인 χ^2 분포를 따른다.
- ⑥ 두 변수의 공분산이 0이면 두 변수는 서로 독립이다.

A.2 | 분포의 근사

통계적 품질관리의 문제에서 유용한 분포 근사법으로 다음과 같은 경우가 자주 쓰인다.

(1) 초기하분포의 이항분포로의 근사

초기하분포의 경우 분포 모수(parameter)는 N, n, D 인데 n/N (샘플링비율)이 작은 경우, 즉, $\frac{n}{N} \leq 0.1$ 이면 $n, p = D/N$ 를 모수로 하는 이항분포로 근사화할 수 있다.

(2) 이항분포의 포아송 분포로의 근사

이항분포에서 n 이 크고 p 가 적은 경우(즉, $p < 0.1$ 혹은 $p > 0.9$)이면 $m = np$ 를 모수(평균)로 하는 포아송 분포로 근사화할 수 있다.

(3) 포아송 분포의 정규분포로의 근사

포아송 분포에서 평균이 큰 경우로 $m \geq 15$ 이면 m 이 평균이고 분산인 정규분포로 근사화할 수 있다.

(4) 이항분포의 정규분포로의 근사

이항분포는 독립된 베르누이시행의 합인 분포이므로 n 이 큰 경우 중심극한정리에 의해 $\mu = np$, $\sigma^2 = np(1-p)$ 인 정규분포로 근사화가 가능하다. 이항분포는 이산형이고 정규분포는 연속형이므로 근사화를 하는 경우 다음과 같이 연속성의 보정을 하는 것이 정확도가 높아진다.

$$p(x) \cong \Phi\left(\frac{x+1/2-np}{\sqrt{np(1-p)}}\right) - \Phi\left(\frac{x-1/2-np}{\sqrt{np(1-p)}}\right)$$

그러므로

$$\Pr(a \leq X \leq b) \cong \Phi\left(\frac{b+1/2-np}{\sqrt{np(1-p)}}\right) - \Phi\left(\frac{a-1/2-np}{\sqrt{np(1-p)}}\right) \quad (\text{A.15})$$

이 되며, 근사는 $p = 1/2$ 인 경우 $n > 10$ 이면 가능하고 다른 경우는 n 이 보다 커야 한다. 일반적으로 $p < 1/(n+1)$, $p > n/(n+1)$ 이거나 평균에서 3σ 를 벗어난 경우에 대한 확률을 구하는 경우(즉 $np \pm 3\sqrt{np(1-p)}$ 를 벗어난 경우)는 잘 맞지 않는다. 그래서 일반적으로 $np > 10$, $0.1 < p < 0.9$ 일 경우에 이항분포의 정규 근사를 사용할 수 있다.

A.3 | 표본평균과 분산의 분포

여기서는 베르누이 시행, 포아송 분포 등 이산형 분포로부터의 표본평균에 대한 분포를 알아 보고 정규분포의 랜덤 샘플의 표본평균과 분산의 분포에 대해 다루고자 한다.

(1) 베르누이 시행의 경우

부적합품률(불량률)이 p 인 베르누이 시행을 n 번 하는 경우 표본평균 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ 은 이산형 확률변수로서 가지는 값의 범위는 $\{0, 1/n, 2/n, \dots, 1\}$ 이며 누적분포함수는

$$\Pr(\bar{X} \leq x) = \Pr\left(\sum_{i=1}^n X_i \leq xn\right) = \sum_{k=0}^{\lfloor xn \rfloor} \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (\text{A.16})$$

이며, 여기서 $\lfloor xn \rfloor$ 은 xn 보다 작거나 같은 가장 큰 정수를 나타낸다. 따라서 평균의 기댓값과 분산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E(\bar{X}) &= p \\ \text{Var}(\bar{X}) &= \frac{p(1-p)}{n} \end{aligned}$$

(2) 포아송 분포의 경우

평균이 m 인 포아송 분포의 표본평균 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ 은 이산형 확률변수로서 누적분포함수는

$$\Pr(\bar{X} \leq x) = \Pr\left(\sum_{i=1}^n X_i \leq xn\right) = \sum_{k=0}^{\lfloor xn \rfloor} \frac{e^{-nm} (nm)^k}{k!} \quad (\text{A.17})$$

이며, 표본평균의 평균과 분산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E(\bar{X}) &= m \\ \text{Var}(\bar{X}) &= \frac{m}{n} \end{aligned}$$

(3) 정규분포의 경우

정규분포 $N(\mu, \sigma^2)$ 으로부터 크기 n 의 랜덤 샘플의 표본평균은 정규분포 $N(\mu, \sigma^2/n)$ 를 따

르고, 표본분산의 함수인 $(n-1)S^2/\sigma^2$ 가 카이제곱 분포, $\chi^2(n-1)$ 를 따르며, 표본평균과 표본 분산은 독립이다.

이로부터 정규분포에서의 표본평균과 분산의 분포로부터

$$\frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0, 1), \quad (\text{A.18})$$

$$\frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} \sim \chi^2(n-1) \quad (\text{A.19})$$

이므로, $\frac{\sqrt{n}(\bar{X}-\mu)}{S}$ 는 자유도가 $n-1$ 인 t 분포를 따른다.

S U P P L E M E N T B



공정 산포모수의 추정

B.1 단일 부분군일 경우

B.2 다수 부분군일 경우

B.3 부분군의 크기가 1일 경우

모수 θ 의 점추정량 중에서 $E[\hat{\theta}] = \theta$ 이면 $\hat{\theta}$ 를 θ 의 불편 추정량(unbiased estimator), $E[\hat{\theta}] \neq \theta$ 이면 $\hat{\theta}$ 를 θ 의 편향 추정량(biased estimator)이라 한다.

통계적 품질관리(SQC)를 포함한 여러 분야에서 모평균 μ 의 추정량으로 표본평균 $\bar{X}$ 가 가장 널리 쓰이는데, 이는 μ 의 불편 추정량에 속한다. 그런데 관리도와 공정능력분석(교재의 3부와 4부)을 포함한 통계적 품질관리 분야에서는 평균과는 달리 산포모수인 σ , σ^2 의 추정량으로 여러 가지 불편 및 편향의 추정량이 쓰인다. 따라서 여기서는 이런 추정량 중에서 불편 추정량이 가장 바람직한 통계적 성질을 가지는 것은 아니지만 SQC분야에서 보편적으로 사용되는 점에 감안하여 불편 추정량에 한정하여 관련 통계적 이론과 특성을 소개한다. 편향의 추정량에 관심이 있는 독자는 Vardeman(1999)과 Mahmoud et al.(2010)의 논문을 참고하면 된다.

B.1 | 단일 부분군일 경우

모집단 분포를 나타내는 모수 중에서 확률변수 X 의 평균과 표준편차를 각각 μ, σ 라 할 때 랜덤하게 추출한 부분군 크기 n 인 표본 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 을 묶음화(grouping)하여 표시한 그림 B.1로부터 표본평균, 표본범위, 표본표준편차와 표본분산을 구하여 각각 $\bar{X}, R, S, S^2$ 라 하자.

그림 B.1의 자료구조일 때 σ 의 불편 추정량으로 표본의 표준편차와 범위를 이용한 $\hat{\sigma}_1 = S/c_4$ 와 $\hat{\sigma}_2 = R/d_2$, 그리고 $\hat{\sigma}_4 = R/d_2^*$ 가 SQC 분야에서 널리 쓰인다. $E[S^2] = \sigma^2$ 이지만

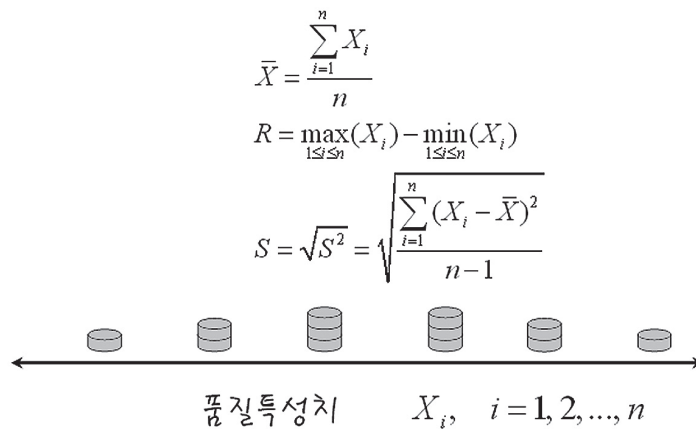


그림 B.1 단일 부분군일 경우: 자료구조

$E[S] \neq \sigma$ 이므로 c_4 등의 불편화 상수(unbiasing constant 또는 bias correction factor)가 필요하다.

이런 불편화 상수들의 값을 구하기 위해서는 모집단 분포에 대한 가정이 선행되어야 하므로, 여기서는 품질특성치의 분포로 널리 쓰이는 정규분포를 가정한다.

B.1.1 c_4 의 도출

정규 모집단하에서 $(n-1)S^2/\sigma^2$ 은 자유도가 $n-1$ 인 χ^2 분포를 따르며, 이의 pdf $f(y)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$f(y) = \frac{y^{(n-3)/2} e^{-y/2}}{2^{(n-1)/2} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}, y > 0$$

$$(\text{여기서, } \Gamma(a) = \int_0^\infty w^{a-1} e^{-w} dw \text{임.})$$

$$E[S] = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} E\left[\sqrt{\frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}}\right] \text{가 되므로, 이로부터}$$

$$\begin{aligned} E\left[\sqrt{\frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}}\right] &= \int_0^\infty y^{1/2} \frac{y^{(n-3)/2} e^{-y/2}}{2^{(n-1)/2} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} dy \\ &= \int_0^\infty \frac{y^{n/2-1} e^{-y/2}}{2^{(n-1)/2} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} dy \\ &= \frac{2^{n/2} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{2^{(n-1)/2} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \\ &= \frac{\sqrt{2} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \end{aligned}$$

가 된다. 따라서 $E[\hat{\sigma}_1 = S/c_4] = \sigma$ 인 점을 이용하면 c_4 는 다음과 같이 주어진다.

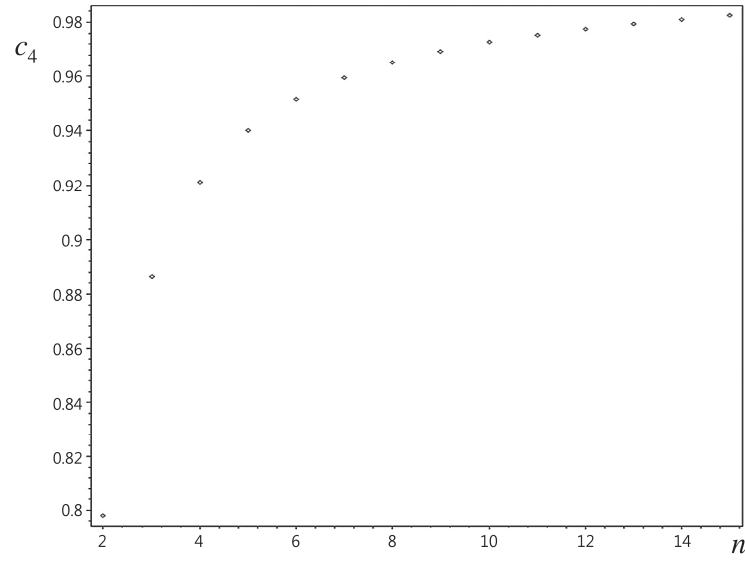


그림 B.2 n 에 따른 c_4

$$c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}, n \geq 2 \quad (\text{B.1})$$

따라서 $E[S] = c_4\sigma$ 가 되며 이의 분산 $Var(S)$ 과 $Var(\hat{\sigma}_1) = Var(S/c_4)$ 는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} Var(S) &= E[S^2] - (c_4\sigma)^2 = (1 - c_4^2)\sigma^2 \\ Var\left(\frac{S}{c_4}\right) &= \frac{1 - c_4^2}{c_4^2}\sigma^2 \end{aligned} \quad (\text{B.2})$$

여기서 c_4 는 그림 B.2와 같이 n 이 증가함에 따라 커지고, 1에 수렴함을 확인할 수 있으며(부록 C.5 참고), $n > 25$ 일 경우에 근사적으로 $(4n-4)/(4n-3)$ 이 된다고 알려져 있다(Mahmoud et al., 2010).

B.1.2 d_2 와 d_3 의 도출

확률변수 X 의 pdf와 cdf를 각각 $f(x), F(x)$ 라 할 때 $X_{\min} = \min(X_i, 1 \leq i \leq n)$ 와 $X_{\max} = \max(X_i, 1 \leq i \leq n)$ 의 pdf와 cdf는 다음과 같이 주어지므로,

$$F_{\min}(x) = 1 - (1 - F(x))^n, \quad f_{\min}(x) = nf(x)(1 - F(x))^{n-1}$$

$$F_{\max}(x) = F(x)^n, \quad f_{\max}(x) = nf(x)(F(x))^{n-1}$$

범위 $R = X_{\max} - X_{\min}$ 의 cdf $G(r)$ 는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} G(r) &= \int_{-\infty}^{\infty} f_{\min}(x) F_{\max}(x+r | X_{\max} > x) dx \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} nf(x)(1 - F(x))^{n-1} \frac{(F(x+r) - F(x))^{n-1}}{(1 - F(x))^{n-1}} dx \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} nf(x)(F(x+r) - F(x))^{n-1} dx \end{aligned} \quad (\text{B.3})$$

따라서 R 의 cdf $G(r)$ 를 r 에 관해 미분한 pdf는 식 (B.4)로 주어지므로,

$$g(r) = \int_{-\infty}^{\infty} n(n-1)f(x)f(x+r)(F(x+r) - F(x))^{n-2} dx \quad (\text{B.4})$$

이로부터 $E[R^m]$ 는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$E[R^m] = n(n-1) \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \int_0^{\infty} r^m f(x+r)(F(x+r) - F(x))^{n-2} dr dx \quad (\text{B.5})$$

여기서 표준정규분포의 확률밀도함수(pdf)와 누적분포함수(cdf)를 $\phi(\cdot), \Phi(\cdot)$ 라 할 때 다음과 같이 표현되는 d_2 와 $d_3(n \geq 2)$ 는 수치적분으로 구할 수 있다.

$$d_2 = E[R] = n(n-1) \int_{-\infty}^{\infty} \phi(x) \int_0^{\infty} r \phi(x+r)(\Phi(x+r) - \Phi(x))^{n-2} dr dx \quad (\text{B.6})$$

$$d_3^2 = \text{Var}(R) = n(n-1) \int_{-\infty}^{\infty} \phi(x) \int_0^{\infty} r^2 \phi(x+r)(\Phi(x+r) - \Phi(x))^{n-2} dr dx - d_2^2 \quad (\text{B.7})$$

따라서 $E[R] = d_2\sigma$, $\sigma_R^2 = d_3^2\sigma^2$ 이 되므로 범위를 이용한 불편 추정량 $\hat{\sigma}_2 = R/d_2$ 로 정의하면 $E[\hat{\sigma}_2] = E[R/d_2] = \sigma$, $\text{Var}(\hat{\sigma}_2) = d_3^2\sigma^2/d_2^2$ 가 된다.

그림 B.3과 그림 B.4에는 n 에 따른 d_2 와 d_3 가 도시되어 있으며, n 이 커짐에 따라 d_2 는 증가하며, d_3 는 n 이 3일 때 최대가 되다가 꾸준히 감소하는 패턴을 따른다(부록 C.5 참고).

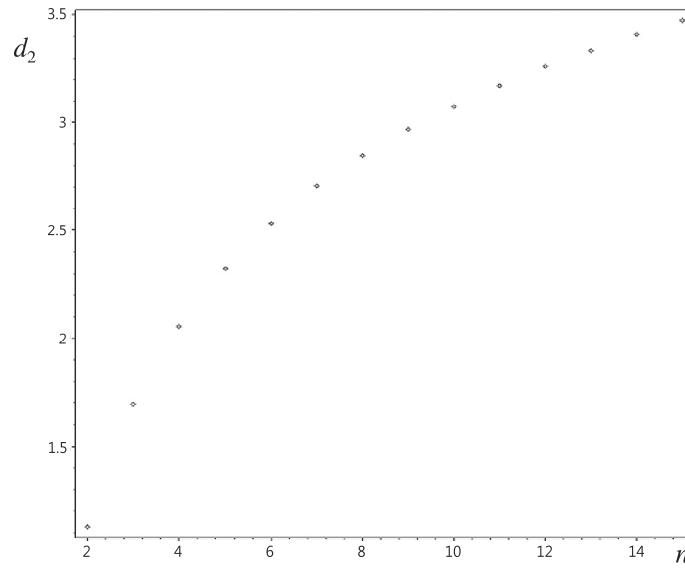


그림 B.3 n 에 따른 d_2

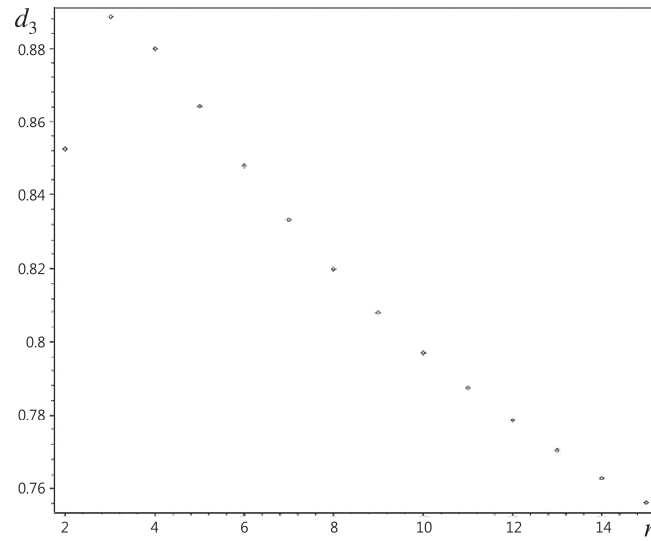


그림 B.4 n 에 따른 d_3

$\hat{\sigma}_1$ 와 $\hat{\sigma}_2$ 는 불편 추정량이므로 이들의 분산비로 정의된 상대적 통계적 효율성 RE_{12} 을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$RE_{12} = \frac{Var(\hat{\sigma}_1)}{Var(\hat{\sigma}_2)} = \frac{d_2^2(1-c_4^2)}{d_3^2c_4^2} \quad (B.8)$$

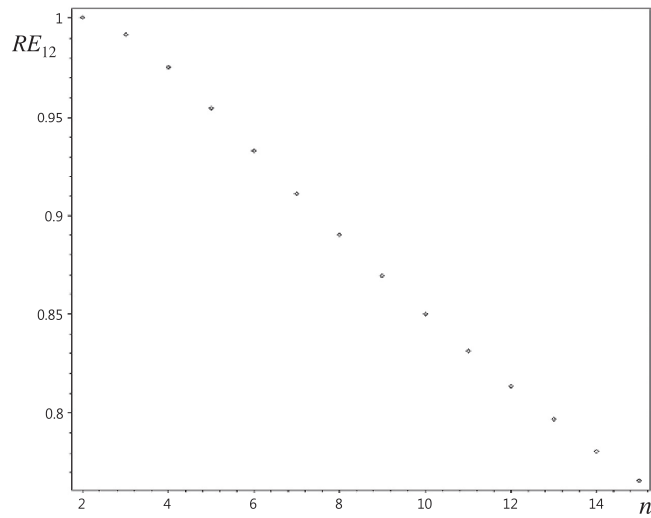


그림 B.5 n 에 따른 RE_{12}

이 값을 타점한 그림 B.5를 보면 n 이 5까지는 $\hat{\sigma}_2$ 의 통계적 효율성이 $\hat{\sigma}_1$ 보다 그리 나쁘지 않다(즉, 0.95 이상). 이는 $\bar{X}-R$ 관리도에서 부분군의 크기 n 으로 4~5가 널리 쓰이는 하나의 이유가 되고 있다.

B.2 | 다수 부분군일 경우

B.2.1 공정산포의 세 가지 추정법

이 절에서는 $\bar{X}-R$ 관리도의 적용 시 단계 I(phase I)에서 자주 접할 수 있는 그림 B.6의 다수 부분군일 경우를 대상으로 공정 산포모수의 세 가지 추정법을 먼저 소개한다. 즉, 부분군의 크기가 n 이고 부분군의 수가 k 일 때 i 번째 부분군의 j 번째 품질특성치를 X_{ij} , $i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n$ 라 하면 전체 산포, 군내 산포, 군간 산포를 기반으로 공정 표준편차를 추정할 수 있다(Wheeler, 2004).

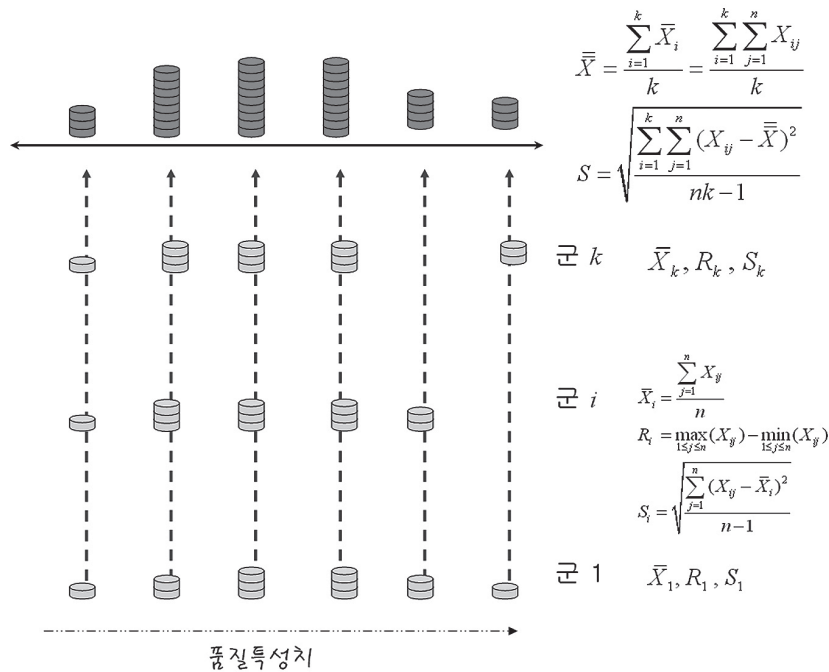


그림 B.6 다수 부분군일 경우: 총 산포

(1) 전체 산포로부터 추정

k 개의 부분군을 하나의 군으로 취급하여 그림 B.6과 같이 nk 의 모든 자료를 통합하여 구한 표준편차(S)로부터 공정 표준편차를 추정하는 방법이다.

이 방법은 공정이 관리상태에 있을 경우 보다 정확한 추정값을 제공하지만 공정이 이상상태로 바뀔 경우는 공정의 고유한 표준편차를 과대 추정할 가능성이 존재한다. 장기 공정능력을 평가할 때는 공정산포에 대해 이 방법으로 구한 표준편차를 적용하고 있다.

(2) 군내 산포로부터 추정

관리도에 쓰이는 추정법으로 그림 B.7과 같이 각 부분군별로 산포 R_i 또는 S_i 를 구한 후에 이를 평균하여 공정산포를 추정하는 방법이다. 이 방법은 공정 평균이 변화할 경우에도 영향을 받지 않으므로 공정의 고유한 표준편차를 추정하는데 선호되는 방법이다. 따라서 다음 소절에서는 이 방법을 채택한 경우를 소개한다.

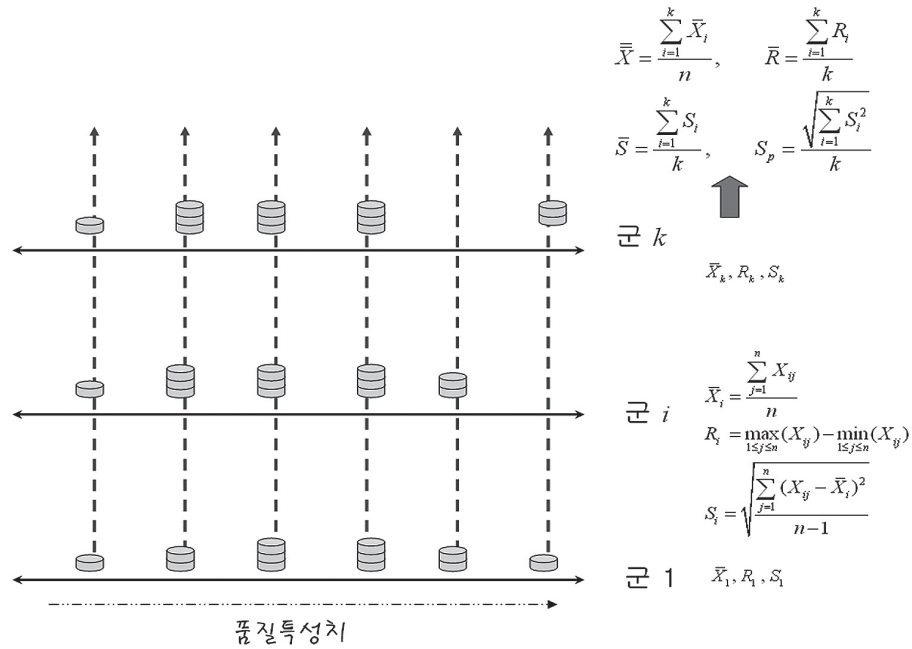


그림 B.7 다수 부분군일 경우: 군내 산포 이용

(3) 군간 산포로부터 추정

개별 관측치로부터 공정산포를 추정하는 전술한 두 방법과는 달리, 먼저 그림 B.8과 같이 각 군의 평균인 $\bar{X}_i, i = 1, 2, \dots, k$ 로 S_B 나 $R_{\bar{X}}$ 를 구한다. 이로부터 표준편차에 관해 불편 추정량이 되도록 $\hat{\sigma}_1$ 나 $\hat{\sigma}_2$ 를 구한 후에, 이 값에 부분군 크기의 제곱근(여기서 $\sqrt{n}$)을 곱하여 공정 표준편차를 추정하는 방법이다. 이 방법은 공정이 관리상태가 아닐 때 공정의 고유한 표준편차를 매우 크게 추정할 가능성이 존재하므로 두 가지 방법보다 덜 활용된다.

B.2.2 공정산포의 불편 추정량

전 소절에서 소개된 두 번째 추정법으로 공정 표준편차 σ 에 대한 불편 추정량의 통계적 특성을 다수 부분군일 경우에 검토해보자. 즉, B.1절의 단일 부분군일 경우에 소개된 두 추정량 등을 포함한 세 가지 불편 추정량을 고려한다.

먼저 각 부분군에 대해 그림 B.7과 같이 구한 S_i 또는 R_i 는 각 부분군이 독립적으로 추출되어 S_i 끼리 또는 R_i 끼리 독립이다. 따라서 $\bar{S}$ 또는 $\bar{R}$ 로 추정된 $\hat{\sigma}_1 = \bar{S}/c_4$ 과 $\hat{\sigma}_2 = \bar{R}/d_2$ 의 기댓값과 분산은 다음과 같이 되어 두 추정량은 역시 불편 추정량이 되며, 두 추정량의 상대적 통계

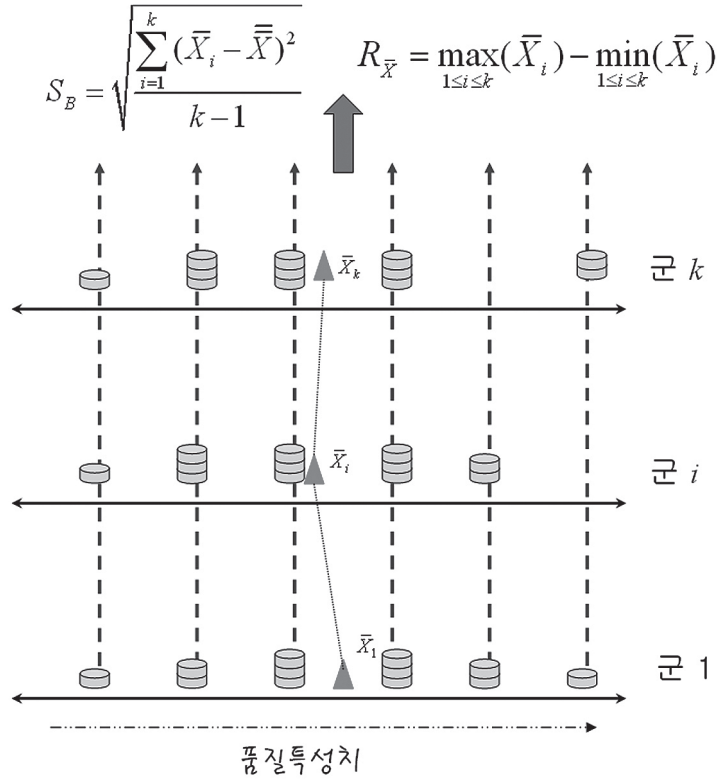


그림 B.8 다수 부분군일 경우: 군간 산포 이용

적 효율도 식 (B.8)의 단일 부분군일 경우와 같아진다.

$$E[\hat{\sigma}_1] = E\left[\frac{\sum_{i=1}^k S_i}{kc_4}\right] = \sigma, \quad Var(\hat{\sigma}_1) = Var\left(\frac{\sum_{i=1}^k S_i}{kc_4}\right) = \frac{(1-c_4^2)\sigma^2}{kc_4^2} \quad (B.9)$$

$$E[\hat{\sigma}_2] = E\left[\frac{\sum_{i=1}^k R_i}{kd_2}\right] = \sigma, \quad Var(\hat{\sigma}_2) = Var\left(\frac{\sum_{i=1}^k R_i}{kd_2}\right) = \frac{d_3^2\sigma^2}{kd_2^2} \quad (B.10)$$

$\hat{\sigma}_2$ 를 채택할 경우에 부분군 크기를 어떻게 설정하는 것이 유리한지 검토해보자. 즉, k 개 부분군의 총 표본크기 $N = nk$ 가 주어져 있을 때 식 (B.10)으로부터 $\hat{\sigma}_2$ 의 분산은 다음과 같이 주어진다.

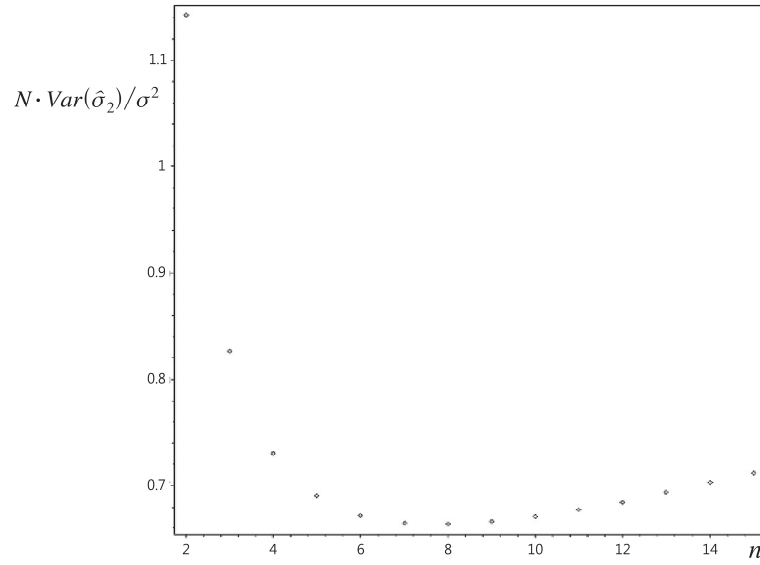


그림 B.9 $\hat{\sigma}_2$ 에서 n 의 설정

$$Var(\hat{\sigma}_2) = \frac{d_3^2 \sigma^2}{(N/n) d_2^2} = \frac{\sigma^2}{N} \left(\frac{n d_3^2}{d_2^2} \right) \quad (B.11)$$

식 (B.11)에서 σ^2 , N 은 주어진 값이므로 괄호 안의 값을 최소화하는 n 을 구하면 되는데, 그림 B.9에 n 에 따른 이 값이 주어져 있다. 즉, 이를 보면 n 이 8(수직축의 값이 0.814), 그리고 7(수직축의 값이 0.815)일 때 분산이 가장 작아짐을 알 수 있다.

전술한 두 추정량 외에 그림 B.6과 같이 합동(pooled) 추정량 형태가 되는 불편 추정량 $\hat{\sigma}_3$ 을 고려할 수 있다.

$$\hat{\sigma}_3 = \frac{S_p}{c_4} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (n-1) S_i^2}{k(n-1)}}}{c_4} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{k c_4^2}} \quad (B.12)$$

$\frac{\nu S_p^2}{\sigma^2}$ 는 자유도가 $\nu = \sum_{i=1}^k (n-1) = k(n-1)$ 인 χ^2 분포를 따르므로, 단일 부분군인 경우와 대응시키면 $\hat{\sigma}_3$ 는 σ 의 불편 추정량이 되며 c_4 의 표본크기는 자유도+1로 간주되므로 $kn - k + 1$ 이 된다. 또한 이의 분산은 다음과 같이 구할 수 있다(Vardeman, 1999).

$$Var(\hat{\sigma}_3) = E[\hat{\sigma}_3^2] - \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k E[S_i^2]}{kc_4^2} - \sigma^2 = \sigma^2 \left(\frac{1 - c_4^2}{c_4^2} \right) \quad (B.13)$$

한편 정규분포를 따를 때 각 부분군의 $\bar{X}_i$ 와 S_i^2 는 최소 충분통계량(minimal sufficient statistic)이 되며, S_i 도 부분군의 모든 정보를 가지고 있으므로 충분통계량이 된다. 전체 부분군의 관점에서 S_p 는 충분통계량의 1:1 대응 함수(전단사 함수)이므로 충분통계량이 되지만, $\bar{S}$ 는 평균을 취하기 전에 제곱근을 적용하므로 충분통계량이 되지 못한다. 그러므로 통계적 효율 측면에서는 $\hat{\sigma}_1$ 이 $\hat{\sigma}_3$ 보다 열등하다(Mahmoud et al., 2010).

따라서 $\hat{\sigma}_3$ 을 기준으로 $\hat{\sigma}_1$ 과 $\hat{\sigma}_2$ 의 상대적 효율인 RE_{31} , RE_{32} 은 다음과 같은 관계로부터 구할 수 있다(c_4 의 괄호에 해당 (자유도+1) 값을 부기함).

$$RE_{31} = \frac{Var(\hat{\sigma}_3)}{Var(\hat{\sigma}_1)} = \frac{kc_4^2(n)(1 - c_4^2(kn - k + 1))}{c_4^2(kn - k + 1)(1 - c_4^2(n))} \quad (B.14)$$

$$RE_{32} = \frac{Var(\hat{\sigma}_3)}{Var(\hat{\sigma}_2)} = \frac{kd_2^2(1 - c_4^2(kn - k + 1))}{d_3^2c_4^2(kn - k + 1)} \quad (B.15)$$

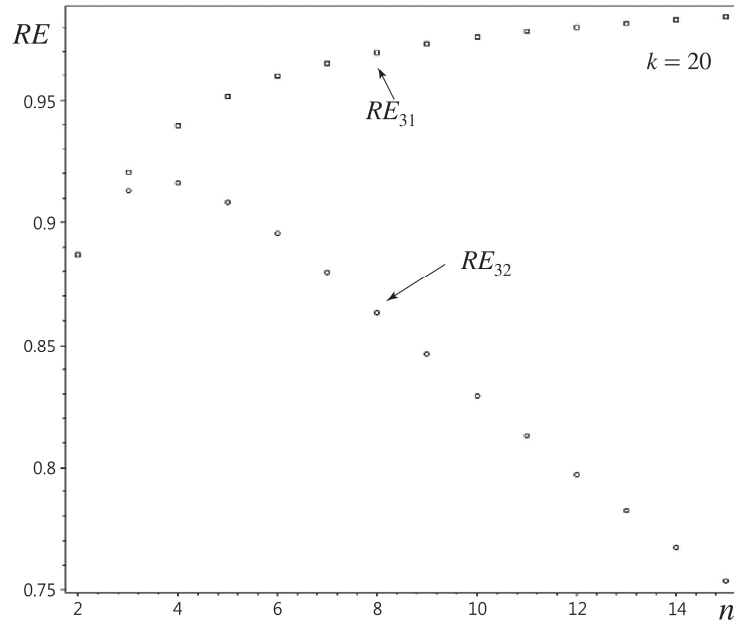


그림 B.10 n 에 따른 R_{31} 과 R_{32}

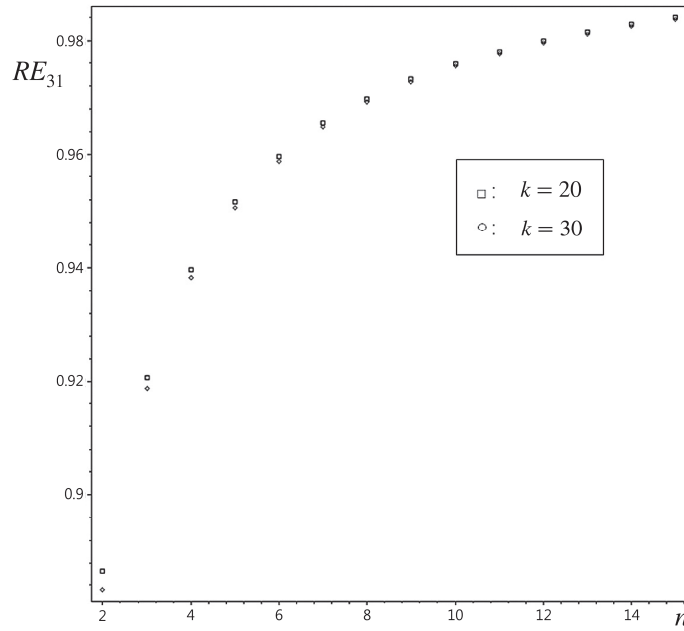


그림 B.11 n 과 k 에 따른 RE_{31}

관리도의 단계 I에서 널리 쓰이는 부분군의 개수는 20 ~ 30이므로 k 가 20과 30에 대해 식 (B.14)와 (B.15)의 값을 구하여 타점하였다. 그중에서 $k=20$ 일 때 n 에 따른 식 (B.14)와 (B.15)의 값을 그림 B.10에서 볼 수 있는데, 특히 범위로서 표준편차를 추정하는 $\hat{\sigma}_2$ 일 경우(즉, $\bar{X}-R$ 관리도에서)는 RE_{32} 이 가장 큰 값을 가지는 $n=4$ 근처에서 부분군 크기를 추천하는 이유를 여기서도 확인할 수 있다. 그림 B.11에서 k 가 커질 때 RE_{31} 과 RE_{32} (지면 제약상 RE_{32} 는 생략함)는 더 작아짐을 알 수 있다.

B.2.3 d_2^* 의 도출

측정시스템의 Gage R&R 분석에서는 d_2 대신에 d_2^* 가 쓰인다. σ 의 불편화 상수인 d_2 와 달리 d_2^* 는 σ^2 의 불편화 상수가 된다. 즉, $\hat{\sigma}_4 = \bar{R}/d_2^*$ 는 $E[\hat{\sigma}_4^2] = \sigma^2$ 이 되지만 $E[\hat{\sigma}_4] \neq \sigma$ 가 이므로 $\hat{\sigma}_4$ 는 σ 의 편향 추정량이 된다(Luko, 1996).

$d_2^* \hat{\sigma}_4^2$ 의 기댓값을 구하면

$$\begin{aligned}
E[d_2^{*2}\hat{\sigma}_4^2] &= E\left[\frac{\left(\sum_{i=1}^k R_i\right)^2}{k^2}\right] = E\left[\frac{\sum_{i=1}^k R_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} R_i R_j}{k^2}\right] \\
&= \frac{k(d_2^2 + d_3^2)\sigma^2 + k(k-1)d_2^2\sigma^2}{k^2} = \left(d_2^2 + \frac{d_3^2}{k}\right)\sigma^2 \quad (\text{B.16})
\end{aligned}$$

가 되므로, 불편성을 만족하는 d_2^* 는 $\sqrt{d_2^2 + \frac{d_3^2}{k}}$ 가 되어 n 에만 의존하는 d_2 , d_3 과 달리 k 에도 의존하게 된다. 또한 d_2^* 는 d_2 보다 큰 값을 가지며, $d_2\sqrt{1 + \frac{1}{4\nu'}}$ (단, ν' 는 χ 분포로 근사화한(즉, $\bar{R}/\sigma \sim d_2\chi(\nu')/\sqrt{\nu'}$) 비정수 자유도)로 근사적으로 구할 수 있다고 알려져 있다(Woodall and Montgomery, 2000).

B.3 | 부분군의 크기가 1일 경우

B.3.1 평균 이동범위를 채택할 경우

$n = 1$ 인 부분군일 경우에 적용되는 $X-R$ 관리도에서는 공정산포의 추정량으로 평균 이동범위(moving range) $\overline{MR} = \sum_{i=1}^k MR_i/k$ (단, $MR_i = R_{m,i} = |X_i - X_{i-1}|$, $i = 2, 3, \dots, k$ 이며 6장에서는 $\bar{R}_m$ 으로 표기함)를 주로 채택하는데, $n > 1$ 인 경우와는 달리 부분군의 이동범위끼리 독립이 아닌 종속관계가 존재하므로 이의 통계적 특성을 $\hat{\sigma}_2$ 와 구별하여 심층적으로 조사할 필요가 있다.

즉, $k = 2$ 인 경우는 단일 부분군인 경우와 동일하므로, $k \geq 3$ 인 경우로 한정할 때 $\hat{\sigma}_5 = \overline{MR}/d_2$ 로 추정되며, d_2 는 $n = 2$ 일 때의 값이 적용되므로 이 추정량의 불편성을 확인하고 분산을 구해보자.

X_i , $i = 1, 2, \dots, k$ 가 $N(0,1)$ 를 가정하더라도 일반성을 잃지 않으므로, 먼저 MR_1 의 기댓값은 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned}
E[MR_1] &= E[|X_2 - X_1|] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |x_2 - x_1| e^{-\frac{x_1^2 + x_2^2}{2}} dx_1 dx_2 \\
&= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{x_2^2}{2}} \left[\int_{-\infty}^{x_2} (x_2 - x_1) e^{-\frac{x_1^2}{2}} dx_1 + \int_{x_2}^{\infty} (x_1 - x_2) e^{-\frac{x_1^2}{2}} dx_1 \right] dx_2 \\
&= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{x_2^2}{2}} \left[x_2 \int_{-\infty}^{x_2} e^{-\frac{x_1^2}{2}} dx_1 - x_2 \int_{x_2}^{\infty} e^{-\frac{x_1^2}{2}} dx_1 + 2e^{-\frac{x_2^2}{2}} \right] dx_2 \\
&= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{x_2^2}{2}} dx_2 + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left(x_2 e^{-\frac{x_2^2}{2}} \right) \left(\int_{-\infty}^{x_2} e^{-\frac{x_1^2}{2}} dx_1 \right) dx_2
\end{aligned}$$

상기 식의 둘째 항에서 첫 괄호부분을 dv 로, 두 번째 괄호부분을 u 로 부분적분을 적용하면 식 (B.17)과 같이 간략화된다.

$$\begin{aligned}
E[MR_1] &= \frac{1}{\sqrt{\pi}} + \frac{1}{\pi} \left[\left(-e^{-\frac{x_2^2}{2}} \right) \left(\int_{-\infty}^{x_2} e^{-\frac{x_1^2}{2}} dx_1 \right) \right]_{-\infty}^{\infty} + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-x_2^2} dx_2 \\
&= \frac{1}{\sqrt{\pi}} + 0 + \frac{1}{\sqrt{\pi}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}
\end{aligned} \tag{B.17}$$

따라서 $X_i, i = 1, 2, \dots, k$ 이 $N(\mu, \sigma^2)$ 를 따르면 $MR_i, i = 2, 3, \dots, k$ 의 기댓값은 $2\sigma/\sqrt{\pi}$ 가 되며, $\sqrt{\pi}MR_i/2 = MR_i/d_2$ (d_2 는 식 (B.6)으로부터 $2/\sqrt{\pi} \approx 1.128$ 가 됨)는 불편 추정량이 된다. 이에 따라 $E[\hat{\sigma}_5]$ 는 σ 가 되어 $\hat{\sigma}_5$ 는 σ 에 대한 불편 추정량이 된다.

다음으로 $Var(\hat{\sigma}_5)$ 는

$$\begin{aligned}
Var(\hat{\sigma}_5) &= Var\left(\frac{\overline{MR}}{d_2}\right) \\
&= \frac{1}{(k-1)^2 d_2^2} \left(\sum_{i=2}^k Var(|X_i - X_{i-1}|) + 2 \sum_{i=2}^{k-1} Cov(|X_i - X_{i-1}|, |X_{i+1} - X_i|) \right) \tag{B.18}
\end{aligned}$$

가 되며, 식 (B.18)의 괄호 안 첫째 항은 X_i 와 X_{i-1} 이 독립이므로 다음과 같이 된다.

$$Var(|X_i - X_{i-1}|) = E[|X_i - X_{i-1}|^2] - (d_2\sigma)^2 = 2\left(1 - \frac{2}{\pi}\right)\sigma^2$$

그리고 식 (B.18)의 둘째 항을 구하기 위해서는 Z_1 과 Z_2 가 상관계수가 ρ 인 표준 이변량 정규분포를 따를 때 성립하는 다음의 결과를 이용한다(Nabeya, 1951).

$$E[|Z_1 Z_2|] = \frac{1}{\pi} [\sqrt{1-\rho} + \rho \sin^{-1} \rho] \quad (\text{B.19})$$

즉, $X_i - X_{i-1}$ 과 $X_{i+1} - X_i$ 는 평균이 모두 0이고 분산이 $2\sigma^2$ 이며 상관계수가 다음과 같은 이변량 정규분포를 따르므로,

$$\rho = \frac{\text{Cov}(X_i - X_{i-1}, X_{i+1} - X_i)}{2\sigma^2} = \frac{-E[(X_i - X_{i-1})X_i]}{2\sigma^2} = \frac{-(\mu^2 + \sigma^2) + \mu^2}{2\sigma^2} = -\frac{1}{2}$$

$\sin^{-1}(-1/2) = -\pi/6$ 을 식 (B.19)에 대입하면 두 확률변수 함수 곱의 절대 적률은 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} E[|(X_i - X_{i-1})(X_{i+1} - X_i)|] &= 2\sigma^2 E\left[\left|\left(\frac{X_i - X_{i-1}}{\sqrt{2}\sigma}\right)\left(\frac{X_{i+1} - X_i}{\sqrt{2}\sigma}\right)\right|\right] \\ &= \frac{4\sigma^2}{\pi} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{-1}{2}\right)^2} + \left(-\frac{1}{2}\right)\left(-\frac{\pi}{6}\right) \right] \\ &= \frac{4\sigma^2}{\pi} \left(\sqrt{\frac{3}{4}} + \frac{\pi}{12} \right) \end{aligned}$$

따라서 공분산은 다음과 같이 구할 수 있으므로,

$$\begin{aligned} \text{Cov}(|X_i - X_{i-1}|, |X_{i+1} - X_i|) &= \frac{4\sigma^2}{\pi} \left(\sqrt{\frac{3}{4}} + \frac{\pi}{12} \right) - \left(\frac{2\sigma}{\sqrt{\pi}} \right)^2 \\ &= \frac{4\sigma^2}{\pi} \left(\sqrt{\frac{3}{4}} + \frac{\pi}{12} - 1 \right) = \frac{\pi + 6\sqrt{3} - 12}{3\pi} \sigma^2 \end{aligned}$$

$\text{Var}(\hat{\sigma}_5)$ 는 식 (B.20)이 된다(Cryer and Ryan, 1990).

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{\sigma}_5) &= \text{Var}\left(\frac{\overline{MR}}{d_2}\right) = \frac{\pi}{4(k-1)^2} \left[2(k-1) \left(1 - \frac{2}{\pi}\right) \sigma^2 + 2(k-2) \sigma^2 \left(\frac{\pi + 6\sqrt{3} - 12}{3\pi}\right) \right] \\ &= \frac{\sigma^2}{6(k-1)^2} [(4\pi + 6\sqrt{3} - 18)k - 5\pi - 12\sqrt{3} + 30] \approx \frac{(0.8264k - 1.082)\sigma^2}{(k-1)^2} \quad (\text{B.20}) \end{aligned}$$

여기서 식 (B.20)을 $\text{Var}(\hat{\sigma}_5) = a_5^2 \sigma^2$ 로 나타낼 때 k 와 a_5 의 관계를 그림 B.12에서 볼 수 있다. 예상한 대로 k 가 3에서부터 증가하면 $\hat{\sigma}_5$ 의 표준편차는 0.5901σ 에서부터 시작하여 감소하고 있다.

한편 n 이 2이고 부분군의 수가 $k-1$ 이며 독립적으로 공정산포를 추정한 경우(즉, $\hat{\sigma}_2$)의 분

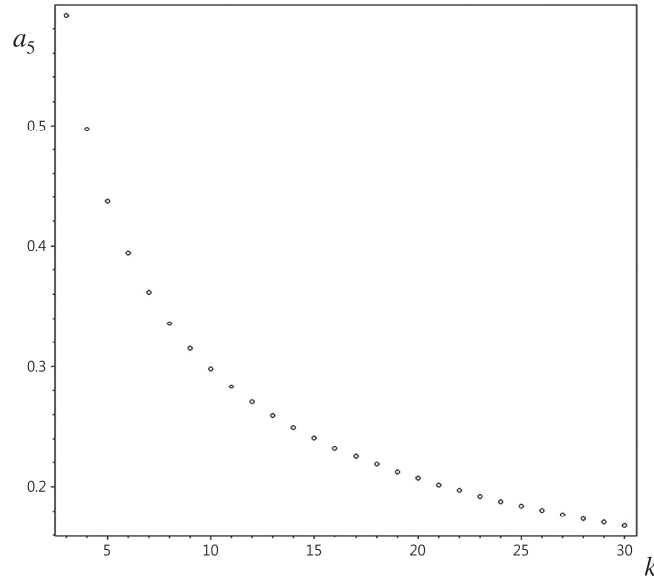


그림 B.12 평균 이동범위의 표준편차 계수(a_5): $k \geq 3$

산($d_3^2\sigma^2/[d_2^2(k-1)]$)과 비교하기 위해 $Var(\hat{\sigma}_5) = a_{MR}^2\sigma^2/(k-1)$ 로 나타내면 a_{MR} 는 다음과 같이 정의된다.

$$a_{MR} = \frac{\sqrt{(4\pi + 6\sqrt{3} - 18)k - (5\pi + 12\sqrt{3} - 30)}}{\sqrt{6(k-1)}} \quad (\text{B.21})$$

$\bar{X}-R$ 관리도에서 n 이 2일 때의 d_3/d_2 (d_3 는 식 (B.7)에 대입하면 $\sqrt{2-(4/\pi)}$ 가 되므로 이 값은 $\sqrt{2-(4/\pi)}/(2/\sqrt{\pi}) = \sqrt{0.5\pi-1} \approx 0.756$ 가 됨)가 R 관리도의 관리한계를 설정하는데 쓰이고 있으므로, k 에 따른 a_{MR} 가 그림 B.13에 도시되어 있다. 여기에 도시된 a_{MR} 의 값은 $k \geq 3$ 인 모든 경우에 d_3/d_2 인 0.756보다 크며, k 가 커지면 그 차이가 증대되고 있다. 즉, 이런 점을 반영하면 R 관리도의 관리한계는 k 가 증가하면 사용되는 관리상한($(1+3d_3/d_2) \approx 3.27$)보다 점점 커져야 한다.

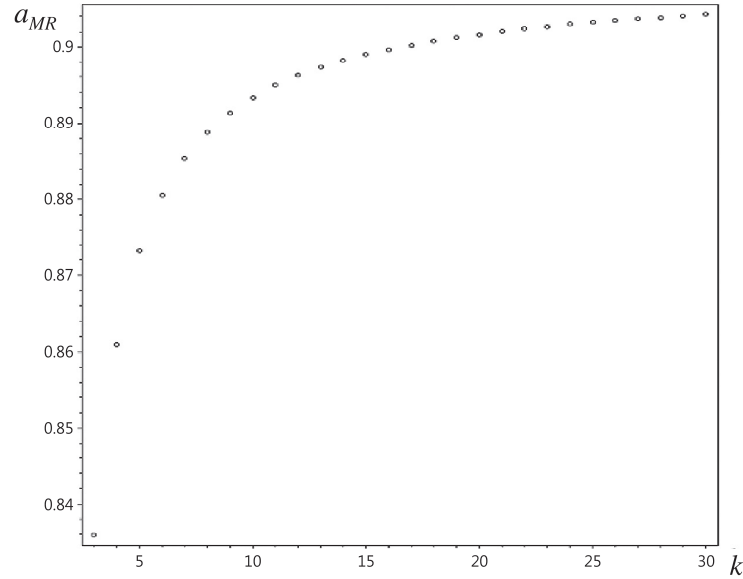


그림 B.13 평균 이동범위의 표준편차 비교계수(a_{MR}): $k \geq 3$

또한 평균 이동범위의 n 이 2일 때 $\hat{\sigma}_2$ 에 대한 분산비로 나타낼 수 있는 통계적 효율성은 $RE_{25} = (0.5\pi - 1)/a_{MR}^2$ 으로 나타낼 수 있다. 이런 통계적 효율성을 그림 B.14에서 볼 수 있는데, k 가 커지면 감소하는 경향을 보이며(즉, 부분군의 증가함에 따라 $\hat{\sigma}_5$ 의 분산 감소경향이 $\hat{\sigma}_2$ 의 분산 감소경향보다 떨어짐), 이 값은 0.6907에 수렴한다. 여기서 동일 부분군 크기($k-1$)로 적용하면 $\hat{\sigma}_5$ 의 표본크기는 $\hat{\sigma}_2$ 의 $k/[2(k-1)]$ 배가 되어 작게 사용하고 있음을 고려해야 한다. 만약 통계적 효율성의 비교기준으로 동일한 표본크기($2k$)를 적용하더라도 $Var(\hat{\sigma}_5)$ 는 감소하지만, RE_{25} 는 $\hat{\sigma}_5$ 의 부분군 크기($2k-1$)가 더 증가하므로 보다 악화된다.

B.3.2 평균 이동범위의 대체 추정량

$n=1$ 인 부분군일 경우에 적용되는 $\hat{\sigma}_5 = \overline{MR}/d_2$ 를 대체할 수 있는 공정산포의 추정량 중에서 다음의 두 가지가 자주 언급한다.

그 중에서 하나는 이동범위의 중앙값(median moving estimator)을 채택한 식 (B.22)의 $\hat{\sigma}_6$ 이며, 다른 하나는 연속인 두 값의 차를 제공하여 구한 평균(Mean Square Successive Difference: MSSD)의 제공근을 취한 식 (B.23)의 $\hat{\sigma}_7$ 이다(Boyles, 1997).

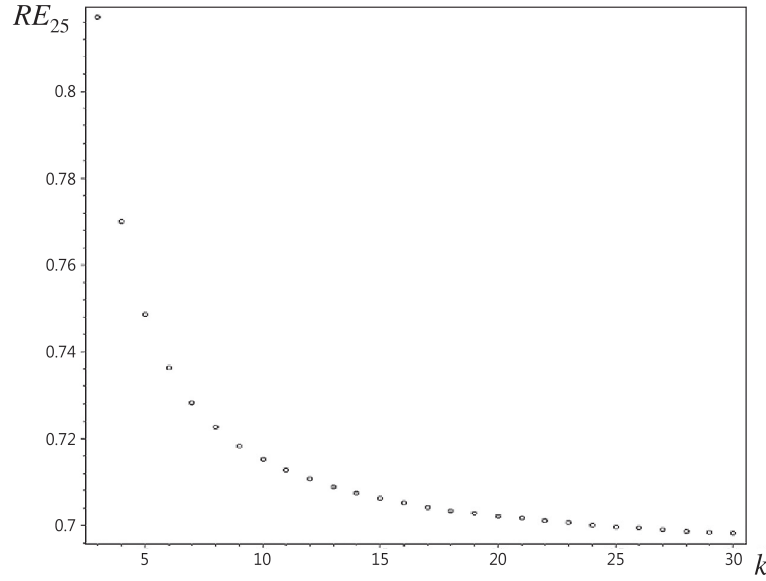


그림 B.14 평균 이동범위의 평균 범위($n=2$)에 대한 통계적 효율성: $k \geq 3$

$$\hat{\sigma}_6 = \frac{\text{median}(|X_i - X_{i-1}|, 2 \leq i \leq k)}{0.954} \quad (\text{B.22})$$

$$\hat{\sigma}_7 = \frac{1}{\sqrt{2(k-1)}} \sqrt{\sum_{i=2}^k (X_i - X_{i-1})^2} \quad (\text{B.23})$$

$\hat{\sigma}_6$ 에서 우변의 0.954는 불편화 상수($n=2$ 일 때 d_4 로, d_4 는 식 (B.4)의 pdf를 가지는 확률분포의 중앙값)에 해당하는 수치이며, $\hat{\sigma}_7^2$ 은 σ^2 의 불편추정량이 되지만, $\hat{\sigma}_7$ 는 σ 에 대해 점근적으로 불편추정량이 된다. 즉, 부분군의 수가 k 일 때 $E[\hat{\sigma}_7]$ 와 $Var(\hat{\sigma}_7)$ 는 근사적으로 $\sigma[1 - 3/(8k)]$ 와 $3\sigma^2/(4k)$ 로 알려져 있으며(Roes et al., 1993), 이에 따라 $\hat{\sigma}_7$ 에 불편화 상수 c'_4 ($k=2$ 일 때는 c_4 , $k \geq 3$ 일 때는 $c'_4 \approx 1 - 3/(8k)$)로 보정한 $\hat{\sigma}_7/c'_4$ 가 쓰이기도 한다.

한편 상기의 두 추정량(특히 $\hat{\sigma}_7$)이 여러 상황에서 $\hat{\sigma}_5$ 보다 효율적이라고 주장하는 Boyles (1997)의 연구 등과 더불어 Cryer and Ryan(1990)은 관리상태에 있을 때 $n=1$ 인 모든 부분군을 하나의 부분군으로 취급하여 구한 표준편차를 이용하는 $\hat{\sigma}_1$ 을 추천하고 있다. 하지만 널리 보급되어 있으며 단기변동을 추정하고 경향과 주기가 있을 때 지나치게 과대한 추정을 피할 수 있는 $\hat{\sigma}_5$ 가 현업과 여러 국제표준규격 등에서 보편적으로 채택되어 $n=1$ 일 때 공정 산포모수의 추정량으로 가장 널리 쓰이고 있다.

1. Boyles, R. A.(1997), “Estimating Common-Cause Sigma in the Presence of Special Causes,” Journal of Quality Technology, 29, 381-395.
2. Cryer, J. D. and Ryan, T. P.(1990), “The Estimation of Sigma for an X Chart: MR/d_2 or S/c_4 ?,” Journal of Quality Technology, 22, 187-192.
3. Luko, S. N.(1996), “Concerning the Estimators $\bar{R}/d_2$ and $\bar{R}/d_2^*$ in Estimating Variability in a Normal Universe,” Quality Engineering, 8, 481-487.
4. Mahmoud, M. A., Henderson, G. R. Epprecht, E. K. and Woodall, W. H.(2010), “Estimating the Standard Deviation in Quality-Control Applications,” Journal of Quality Technology, 42, 348-357.
5. Nabeya, S.(1951), “Absolute Moments in 2-Dimensional Normal Distribution,” Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 3, 2-6.
6. Roes, K. B., Does, R. J. M. and Schurink, Y.(1993), “Shewhart-Type Control Charts for Individual Observations,” Journal of Quality Technology, 25, 188-198.
7. Vardeman, S. B.(1999), “A Brief Tutorial on the Estimation of the Process Standard Deviation,” IIE Transactions, 31, 503-507.
8. Wheeler, D. J.(2004), Advanced Topics in Statistical Process Control, 2nd ^{ed.}, SPC Press, Knoxville(USA).
9. Woodall, W. H. and Montgomery, D. C.(2000), “Using Ranges to Estimate Variability,” Quality Engineering, 13, 211-217.

S U P P L E M E N T C

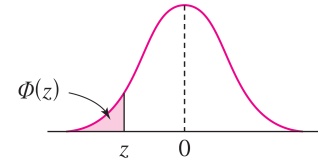


확률분포 및 품질관리 계수표

- C.1 표준정규분포표
- C.2 t 분포표
- C.3 카이제곱 분포표
- C.4 F 분포표
- C.5 관리도용 계수표
- C.6 통계적 허용구간 계수표

C.1 | 표준정규분포표

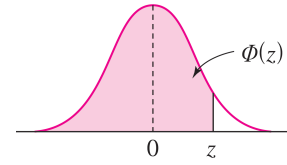
$$\Phi(z) = P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$$



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0061	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0472	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2293	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

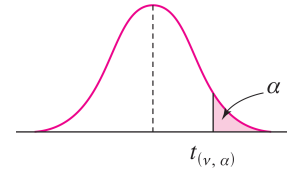
C.1 | 표준정규분포표(계속)

$$\Phi(z) = P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$$



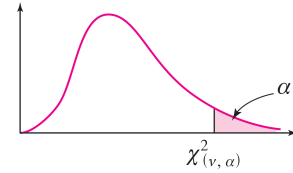
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5754
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7258	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7518	0.7549
0.7	0.7580	0.7612	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7996	0.8023	0.8051	0.8079	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9430	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9485	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9700	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9762	0.9767
2.0	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9865	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9980	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9983	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998	0.9998

C.2 | t 분포표



$\nu \backslash \alpha$	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.325	0.727	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.289	0.617	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.277	0.584	0.979	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.271	0.569	0.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.267	0.559	0.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.265	0.553	0.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.263	0.549	0.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.262	0.546	0.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.261	0.543	0.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.260	0.542	0.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.260	0.540	0.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.259	0.539	0.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.259	0.538	0.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.258	0.537	0.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.258	0.536	0.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.258	0.535	0.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.257	0.534	0.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.257	0.534	0.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.257	0.533	0.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.257	0.533	0.860	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.257	0.532	0.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.256	0.532	0.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.256	0.532	0.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.256	0.531	0.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.256	0.531	0.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.256	0.531	0.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.256	0.531	0.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.256	0.530	0.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.256	0.530	0.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.256	0.530	0.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.255	0.529	0.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.254	0.527	0.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.254	0.526	0.845	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.253	0.524	0.842	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

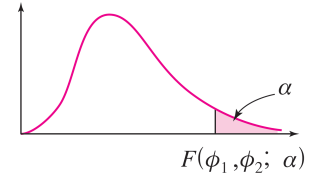
C.3 | 카이제곱 분포표



$\nu \backslash \alpha$	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.5	0.1	0.05	0.025	0.00	0.005
1	.00004	.00016	.00098	.00393	0.02	0.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	1.39	6.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	3.36	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	0.41	0.55	0.83	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.82	15.09	16.75
6	0.68	0.87	1.24	1.64	2.20	5.35	10.65	12.59	14.45	16.81	18.55
7	0.99	1.24	1.69	2.17	2.83	6.35	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	7.34	13.36	15.51	17.53	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	8.34	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	9.34	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	10.34	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	11.34	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	12.34	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	13.34	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.27	7.26	8.55	14.34	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	15.34	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	16.34	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.87	17.34	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	18.34	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	19.34	28.41	31.41	34.18	37.57	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	20.34	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	21.34	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	22.34	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	23.34	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	24.34	34.28	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	25.34	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	411.81	12.88	14.57	16.15	18.11	26.34	36.74	40.11	43.19	46.96	49.65
28	12.46	13.57	15.31	16.93	18.94	27.34	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	28.34	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	29.34	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	39.34	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	49.33	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	59.33	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	54.44	48.76	51.74	55.33	69.33	85.53	90.53	95.02	100.42	104.22
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	79.33	96.58	101.88	106.63	112.33	116.32
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	89.33	107.57	113.14	118.14	124.12	128.30
100	67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	99.33	118.50	124.34	129.56	135.81	140.17

C.4 | F 분포표

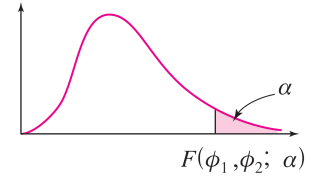
$\alpha = 0.1$



$\phi_2 \backslash \phi_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	39.9	49.5	53.6	55.8	57.2	58.2	58.9	59.4	59.9	60.2	60.7	61.2	61.7	62.0	62.3	62.5	62.8	63.1	63.3
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.41	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47	9.48	9.49
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.17	5.16	5.15	5.14	5.13
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79	3.78	3.76
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14	3.12	3.11
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	2.74	2.72
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34	2.32	2.29
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.38	2.34	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21	2.18	2.16
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03	2.00	1.97
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16	2.14	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90	1.88	1.85
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.80
15	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76
16	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	1.99	1.94	1.89	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
17	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69
18	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66
19	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.63
20	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61
21	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59
22	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57
23	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	1.55
24	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.57	1.53
25	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89	1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52
26	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88	1.86	1.81	1.76	1.71	1.68	1.65	1.61	1.58	1.54	1.50
27	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87	1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	1.53	1.49
28	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48
29	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86	1.83	1.78	1.73	1.68	1.65	1.62	1.58	1.55	1.51	1.47
30	2.88	2.49	2.28	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.85	1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46
40	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38
60	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29
120	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.60	1.55	1.48	1.45	1.41	1.37	1.32	1.26	1.19
∞	2.71	2.30	2.08	1.94	1.85	1.77	1.72	1.67	1.63	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.00

C.4 | F 분포표(계속)

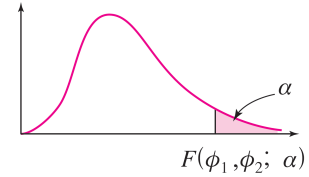
$\alpha = 0.05$



$\phi_2 \backslash \phi_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.8	243.91	245.95	248.01	249.05	250.10	251.14	252.20	253.25	254.30
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.39	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.75	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	1.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

C.4 | F 분포표(계속)

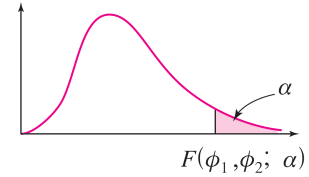
$\alpha = 0.025$



$\phi_2 \backslash \phi_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.9	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	976.7	984.9	993.1	997.3	1001.4	1005.6	1009.8	1014.0	1018.3
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39	39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.47	39.48	39.49	39.50
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	13.99	13.90	13.90
4	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.84	3.78	3.73	3.67
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52	2.46	2.40
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05	2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.19
19	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97
24	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03	1.95	1.88
27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63	2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00	1.93	1.85
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.34	2.23	2.17	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59	2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96	1.89	1.81
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48
120	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31
∞	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.00

C.4 | F 분포표(계속)

$\alpha = 0.01$



$\phi_2 \backslash \phi_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	4052.2	4999.5	5403.4	5624.6	5763.7	5859.0	5928.4	5981.1	6022.5	6055.9	6106.3	6157.3	6208.7	6234.6	6260.7	6286.8	6313.0	6339.4	6365.9
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.19	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

C.5 | 관리도용 계수표

n	A	A_2	A_3	A_4	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.1213	1.8806	2.6587	1.8800	-	3.2665	-	2.6063	-	3.6855	-	3.2673
3	1.7321	1.0231	1.9544	1.1872	-	2.5682	-	2.2760	-	4.3582	-	2.5742
4	1.5000	0.7285	1.6281	0.7957	-	2.2660	-	2.0877	-	4.6972	-	2.2813
5	1.3416	0.5768	1.4273	0.6908	-	2.0890	-	1.9636	-	4.9183	-	2.1145
6	1.2247	0.4833	1.2871	0.5485	0.0304	1.9696	0.0289	1.8742	-	5.0780	-	2.0039
7	1.1339	0.4193	1.1819	0.5089	0.1177	1.8823	0.1129	1.8058	0.2044	5.2036	0.0756	1.9244
8	1.0607	0.3726	1.0991	0.4321	0.1851	1.8149	0.1786	1.7514	0.3876	5.3064	0.1361	1.8639
9	1.0000	0.3367	1.0317	0.4117	0.2391	1.7609	0.2318	1.7068	0.5466	5.3934	0.1840	1.8160
10	0.9487	0.3082	0.9754	0.3626	0.2837	1.7163	0.2759	1.6694	0.6867	5.4693	0.2231	1.7769
11	0.9045	0.2851	0.9274	0.3502	0.3213	1.6787	0.3134	1.6373	0.8111	5.5349	0.2556	1.7444
12	0.8660	0.2658	0.8859	0.3156	0.3535	1.6465	0.3456	1.6095	0.9225	5.5935	0.2831	1.7169
13	0.8321	0.2494	0.8495	0.3073	0.3816	1.6184	0.3737	1.5851	1.0248	5.6472	0.3072	1.6928
14	0.8018	0.2353	0.8173	0.2815	0.4062	1.5938	0.3985	1.5634	1.1180	5.6960	0.3281	1.6719
15	0.7746	0.2231	0.7885	0.2756	0.4282	1.5718	0.4206	1.5440	1.2034	5.7406	0.3466	1.6534
16	0.7500	0.2123	0.7626	0.2553	0.4479	1.5521	0.4405	1.5265	1.2823	5.7817	0.3631	1.6369
17	0.7276	0.2028	0.7391	0.2509	0.4657	1.5343	0.4585	1.5106	1.3557	5.8203	0.3778	1.6222
18	0.7071	0.1943	0.7176	0.2346	0.4818	1.5182	0.4748	1.4960	1.4242	5.8558	0.3913	1.6087
19	0.6882	0.1866	0.6979	0.2312	0.4966	1.5034	0.4898	1.4826	1.4885	5.8895	0.4035	1.5965
20	0.6708	0.1796	0.6797	0.2177	0.5102	1.4898	0.5036	1.4703	1.5489	5.9211	0.4147	1.5853
21	0.6547	0.1733	0.6629	0.2149	0.5228	1.4772	0.5163	1.4589	1.6054	5.9506	0.4249	1.5751
22	0.6396	0.1675	0.6473	0.2035	0.5344	1.4656	0.5281	1.4483	1.6593	5.9787	0.4345	1.5655
23	0.6255	0.1621	0.6327	0.2013	0.5452	1.4548	0.5391	1.4383	1.7103	6.0057	0.4433	1.5567
24	0.6124	0.1572	0.6191	0.1915	0.5553	1.4447	0.5493	1.4291	1.7587	6.0313	0.4515	1.5485
25	0.6000	0.1526	0.6063	0.1897	0.5648	1.4352	0.5589	1.4203	1.8058	6.0562	0.4594	1.5406

C.5 | 관리도용 계수표(계속)

n	c_4	$1/c_4$	c_4'	d_2	$1/d_2$	d_3	d_4	m_3
2	0.7979	1.2533	0.7978	1.128	0.8865	0.8525	0.954	1.0000
3	0.8862	1.1284	0.8715	1.693	0.5907	0.8884	1.588	1.1602
4	0.9213	1.0854	0.9058	2.059	0.4857	0.8794	1.978	1.0922
5	0.9400	1.0638	0.9252	2.326	0.4299	0.8641	2.257	1.1976
6	0.9515	1.0509	0.9379	2.534	0.3946	0.8480	2.472	1.1351
7	0.9594	1.0424	0.9468	2.704	0.3698	0.8332	2.645	1.2137
8	0.9650	1.0362	0.9901	2.847	0.3512	0.8198	2.791	1.1599
9	0.9693	1.0317	0.9587	2.970	0.3367	0.8078	2.915	1.2227
10	0.9727	1.0281	0.9628	3.078	0.3249	0.7971	3.024	1.1761
11	0.9754	1.0253	0.9662	3.173	0.3152	0.7873	3.121	1.2283
12	0.9776	1.0230	0.9690	3.258	0.3069	0.7785	3.207	1.1875
13	0.9794	1.0210	0.9713	3.336	0.2998	0.7704	3.285	1.2322
14	0.9810	1.0194	0.9734	3.407	0.2935	0.7630	3.356	1.1960
15	0.9823	1.0180	0.9751	3.472	0.2880	0.7562	3.422	1.2351
16	0.9835	1.0168	0.9767	3.532	0.2831	0.7499	3.482	1.2025
17	0.9845	1.0157	0.9780	3.588	0.2787	0.7441	3.538	1.2373
18	0.9854	1.0148	0.9792	3.640	0.2747	0.7386	3.591	1.2077
19	0.9862	1.0140	0.9803	3.689	0.2711	0.7335	3.640	1.2390
20	0.9869	1.0132	0.9813	3.735	0.2677	0.7287	3.686	1.2119
21	0.9876	1.0126	0.9822	3.778	0.2647	0.7242	3.730	1.2403
22	0.9882	1.0120	0.9830	3.819	0.2618	0.7199	3.771	1.2154
23	0.9887	1.0114	0.9837	3.858	0.2592	0.7159	3.811	1.2415
24	0.9892	1.0109	0.9844	3.895	0.2567	0.7121	3.847	1.2184
25	0.9896	1.0105	0.9850	3.931	0.2544	0.7084	3.883	1.2424

C.6 | 통계적 허용구간 계수표: 양측 구간

n	90% 신뢰구간			95% 신뢰구간			99% 신뢰구간		
	$\gamma=90\%$	95%	99%	90%	95%	99%	90%	95%	99%
2	15.98	18.80	24.17	32.02	37.67	48.43	160.2	188.5	242.3
3	5.847	6.919	8.974	8.380	9.916	12.86	18.93	22.40	29.06
4	4.166	4.943	6.440	5.369	6.370	8.299	9.398	11.15	14.53
5	3.494	4.152	5.423	4.275	5.079	6.634	6.612	7.855	10.26
6	3.131	3.723	4.870	3.712	4.414	5.775	5.337	6.345	8.301
7	2.902	3.452	4.521	3.369	4.007	5.248	4.613	5.448	7.187
8	2.743	3.264	4.278	3.136	3.732	4.891	4.147	4.936	6.468
9	2.626	3.125	4.098	2.967	3.532	4.631	3.822	4.550	5.966
10	2.535	3.018	3.959	2.829	3.379	4.433	3.582	4.265	5.594
11	2.463	2.933	3.849	2.737	3.259	4.277	3.397	4.045	5.308
12	2.404	2.863	3.758	2.655	3.162	4.150	3.250	3.870	5.079
13	2.355	2.805	3.682	2.587	3.081	4.044	3.130	3.727	4.893
14	2.314	2.756	3.618	2.529	3.012	3.955	3.029	3.608	4.737
15	2.278	2.713	3.562	2.480	2.954	3.878	2.945	3.507	4.605
16	2.246	2.676	3.514	2.437	2.903	3.812	2.872	3.421	4.492
17	2.219	2.643	3.471	2.400	2.858	3.754	2.808	3.345	4.393
18	2.194	2.614	3.433	2.366	2.819	3.702	2.753	3.279	4.307
19	2.172	2.588	3.399	2.337	2.784	3.656	2.703	3.221	4.230
20	2.152	2.564	3.368	2.310	2.752	3.615	2.659	3.168	4.161
21	2.135	2.543	3.340	2.286	2.723	3.577	2.620	3.121	4.100
22	2.118	2.524	3.315	2.264	2.697	3.543	2.584	3.078	4.044
23	2.103	2.506	3.292	2.244	2.673	3.512	2.551	3.040	3.993
24	2.089	2.489	3.270	2.225	2.651	3.483	2.522	3.004	3.947
25	2.077	2.474	3.251	2.208	2.631	3.457	2.494	2.972	3.904
26	2.065	2.460	3.232	2.193	2.612	3.432	2.469	2.941	3.865
27	2.054	2.447	3.215	2.178	2.595	3.409	2.446	2.914	3.828
28	2.044	2.435	3.199	2.164	2.579	3.388	2.424	2.888	3.794
29	2.034	2.424	3.184	2.152	2.554	3.368	2.404	2.864	3.763
30	2.025	2.413	3.170	2.140	2.549	3.350	2.385	2.841	3.733
35	1.988	2.368	3.112	2.090	2.490	3.272	2.306	2.748	3.611
40	1.959	2.334	3.066	2.052	2.445	3.213	2.247	2.677	3.518
50	1.916	2.284	3.001	1.996	2.379	3.126	2.162	2.576	3.385
60	1.887	2.248	2.955	1.958	2.333	3.066	2.103	2.506	3.293
80	1.848	2.202	2.894	1.907	2.272	2.986	2.026	2.414	3.173
100	1.822	2.172	2.854	1.874	2.233	2.934	1.977	2.355	3.096
200	1.764	2.102	2.762	1.798	2.143	2.816	1.865	2.222	2.921
500	1.717	2.046	2.689	1.737	2.070	2.721	1.777	2.117	2.783
1000	1.695	2.019	2.654	1.709	2.036	2.676	1.736	2.068	2.718
∞	1.645	1.960	2.576	1.645	1.960	2.576	1.645	1.960	2.576

C.6 | 통계적 허용구간 계수표: 단측 한계(계속)

n	90% 신뢰구간			95% 신뢰구간			99% 신뢰구간		
	$\gamma = 90\%$	95%	99%	90%	95%	99%	90%	95%	99%
3	4.258	5.310	7.340	6.158	7.655	10.552			
4	3.187	3.957	5.437	4.163	5.145	7.042			
5	2.742	3.400	4.666	3.407	4.202	5.741			
6	2.494	3.091	4.242	3.006	3.707	5.062	4.408	5.409	7.334
7	2.333	2.894	3.972	2.755	3.399	4.641	3.856	4.730	6.411
8	2.219	2.755	3.783	2.582	3.188	4.353	3.496	4.287	5.811
9	2.133	2.649	3.641	2.454	3.031	4.143	3.242	3.971	5.389
10	2.065	2.568	3.532	2.355	2.911	3.981	3.048	3.739	5.075
11	2.012	2.503	3.444	2.275	2.815	3.852	2.897	3.557	4.828
12	1.966	2.448	3.371	2.210	2.736	3.747	2.773	3.410	4.633
13	1.928	2.403	3.310	2.155	2.670	3.659	2.677	3.290	4.472
14	1.895	2.363	3.257	2.108	2.614	3.585	2.592	3.189	4.336
15	1.866	2.329	3.212	2.068	2.566	3.520	2.521	3.102	4.224
16	1.842	2.299	3.172	2.032	2.523	3.463	2.458	3.028	4.124
17	1.820	2.272	3.136	2.001	2.486	3.415	2.405	2.962	4.038
18	1.800	2.249	3.106	1.974	2.453	3.370	2.357	2.906	3.961
19	1.781	2.228	3.078	1.949	2.423	3.331	2.315	2.855	3.893
20	1.765	2.208	3.052	1.926	2.396	3.295	2.275	2.807	3.832
21	1.750	2.190	3.028	1.905	2.371	3.262	2.241	2.768	3.776
22	1.736	2.174	3.007	1.887	2.350	3.233	2.208	2.729	3.727
23	1.724	2.159	2.987	1.869	2.329	3.206	2.179	2.693	3.680
24	1.712	2.145	2.969	1.853	2.309	3.181	2.154	2.663	3.638
25	1.702	2.132	2.952	1.838	2.292	3.158	2.129	2.632	3.601
30	1.657	2.080	2.884	1.778	2.220	3.064	2.029	2.516	3.446
35	1.623	2.041	2.833	1.732	2.166	2.994	1.957	2.431	3.334
40	1.598	2.010	2.793	1.697	2.126	2.941	1.902	2.365	3.250
45	1.577	1.986	2.762	1.669	2.092	2.897	1.857	2.313	3.181
50	1.560	1.965	2.735	1.646	2.065	2.863	1.821	2.296	3.124

S U P P L E M E N T D



계수 조정형 샘플링 검사표: KS Q ISO 2859

표 D.1 샘플크기 문자(KS Q ISO 2859-1의 부표 1)

로트크기	특별검사수준				일반검사수준		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2~8	A	A	A	A	A	A	B
9~15	A	A	A	A	A	B	C
16~25	A	A	B	B	B	C	D
26~50	A	B	B	C	C	D	E
51~90	B	B	C	C	C	E	F
91~150	B	B	C	D	D	F	G
151~280	B	C	D	E	E	G	H
281~500	B	C	D	E	F	H	J
501~1200	C	C	E	F	G	J	K
1201~3200	C	D	E	G	H	K	L
3201~10000	C	D	F	G	J	L	M
10001~35000	C	D	F	H	K	M	N
35001~150000	D	E	G	J	L	N	P
150001~500000	D	E	G	J	M	P	Q
500000초과	D	E	H	K	N	Q	R

표 D.2 보통검사의 1회 샘플링 검사방식(주 샘플링 검사 표)(KS Q ISO 2859-1의 부표 2-A)

샘플 문자	샘플 크기	AQL, 부적합품 퍼센트 및 100 아이템 당 부적합수																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
K	125	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
L	200	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
M	315	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
N	500	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
P	800	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
Q	1,250	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
R	2,000	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		

- 비고 1. ↓: 화살표 아래의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
만약, 샘플의 크기가 로트크기 이상이면 전수검사한다.
2. ↑: 화살표 위의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
3. Ac: 합격 판정 개수
4. Re: 불합격 판정 개수

표 D.3 까다로운 검사의 1회 샘플링 검사방식(주 샘플링 검사 표)(KS Q ISO 2859-1의 부표 2-B)

샘플문자	샘플크기	AQL, 부적합품 퍼센트 및 100 아이템 당 부적합수																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42	↑		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42	↑	↑		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42	↑	↑	↑		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
M	315	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
N	500	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
P	800	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
Q	1,250	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
R	2,000	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
S	3,150			1 2																									

- 비고 1. ↓: 화살표 아래의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
만약, 샘플의 크기가 로트크기 이상이면 전수검사한다.
2. ↑: 화살표 위의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
3. Ac: 합격 판정 개수
4. Re: 불합격 판정 개수

표 D.4 수월한 검사의 1회 샘플링 검사방식(주 샘플링 검사 표) (KS Q ISO 2859-1의 부표 2-C)

샘플문자	샘플 크기	AQL, 부적합품 퍼센트 및 100 아이템 당 부적합수																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31		
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31		
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	14 15	21 22	↑	
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	14 15	21 22	↑	↑	
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
L	80	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
M	125	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
N	200	↓	↓	0 1	↑	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
P	315	↓	0 1	↑	↓	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
Q	500	0 1	↑	↑	↓	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
R	800	↑	↑	↑	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	

- 비고 1. ↓: 화살표 아래의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
만약, 샘플의 크기가 로트크기 이상이면 전수검사한다.
2. ↑: 화살표 위의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
3. Ac: 합격 판정 개수
4. Re: 불합격 판정 개수

표 D.5 보통검사의 1회 샘플링 검사방식(보조적 주 샘플링 검사 표)(KS Q ISO 2859-1의 부표 11-A)

샘플문자	샘플크기	AQL, 부적합품 퍼센트 및 100 아이템 당 부적합수																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31			
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑	↑			
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
K	125	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
L	200	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
M	315	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
N	500	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
P	800	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
Q	1,250	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
R	2,000	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			

비고 1. ↓: 화살표 아래의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
만약, 샘플의 크기가 로트크기 이상이면 전수검사한다.
2. ↑: 화살표 위의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
3. Ac: 합격 판정 개수
4. Re: 불합격 판정 개수

표 D.6 까다로운 검사의 1회 샘플링 검사방식(보조적 주 샘플링 검사 표)(KS Q ISO 2859-1의 부표 11-B)

샘플문자	샘플크기	AQL, 부적합품 퍼센트 및 100 아이템 당 부적합수																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42	↑	
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42	↑	↑		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	27 28	41 42	↑	↑	↑		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
M	315	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
N	500	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
P	800	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
Q	1,250	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
R	2,000	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	8 9	12 13	18 19	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		

- 비고 1. ↓: 화살표 아래의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
만약, 샘플의 크기가 로트크기 이상이면 전수검사한다.
2. ↑: 화살표 위의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
3. Ac: 합격 판정 개수
4. Re: 불합격 판정 개수

표 D.7 수월한 검사의 1회 샘플링 검사방식(보조적 주 샘플링 검사)(KS Q ISO 2859-1의 부표 11-C)

샘플문자	샘플크기	AQL, 부적합품 퍼센트 및 100 아이템 당 부적합수																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31		
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	14 15	21 22	↑		
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	14 15	21 22	↑	↑		
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑		
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
L	80	↓	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
M	125	↓	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
N	200	↓	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
P	315	↓	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
Q	500	0 1	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
R	800	1/5	1/3	1/2	1 2	2 3	3 4	4 5	6 7	8 9	10 11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		

- 비고 1. ↓: 화살표 아래의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
만약, 샘플의 크기가 로트크기 이상이면 전수검사한다.
2. ↑: 화살표 위의 최초의 샘플링 검사방식을 사용한다.
3. Ac: 합격 판정 개수
4. Re: 불합격 판정 개수

표 D.8 LQ 값의 범위, 0.00(하한) 0.05(상한)부터 0.8(하한) 1.25(상한)
(KS Q ISO 2859-2의 표 5)

값의 유형	부적합률 또는 1000아이템당 평균 부적합수에 대한 한계 품질 LQ							
하한	0.00	0.05	0.08	0.125	0.2	0.315	0.5	0.8
상한	0.05	0.08	0.125	0.2	0.315	0.5	0.8	1.25

표 D.9 LQ 값의 범위, 1.25(하한) 2(상한)부터 31.5(하한) 50(상한)
(KS Q ISO 2859-2의 표 6)

값의 유형	부적합률 또는 1000아이템당 평균 부적합수에 대한 한계 품질 LQ							
하한	1.25	2	3.15	5	8	12.5	20	31.5
상한	2	3.15	5	8	12.5	20	31.5	50

표 D.10 LQ 값의 범위, 50(하한) 80(상한)부터 2000(하한) 3150(상한)
(KS Q ISO 2859-2의 표 7)

값의 유형	부적합률 또는 1000아이템당 평균 부적합수에 대한 한계 품질 LQ								
하한	50	80	125	200	315	500	800	1250	2000
상한	80	125	200	315	500	800	1250	2000	3150

표 D.11 샘플링 검사 방식 – 0.05에서 0.8까지의 LQ (KS Q ISO 2859-2의 표 1)

로트 크기		부적합품률 또는 1000아이템당 평균 부적합수의 한계 품질 LQ						
		0.00	0.08	0.125	0.2	0.315	0.5	0.8
16 ~ 25	n, Ac	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사
26 ~ 50	n, Ac	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사
51 ~ 90	n, Ac	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사
90 ~ 150	n, Ac	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	전수 검사	150, 0
151 ~ 280	n, Ac	전수 검사	전수 검사	전수 검사	252, 0	252, 0	200, 0	170, 0
281 ~ 500	n, Ac	전수 검사	전수 검사	450, 0	450, 0	287, 0	280, 0	220, 0
501 ~ 1200	n, Ac	1080, 0	1080, 0	720, 0	684, 0	510, 0	380, 0	255, 0
1201 ~ 3200	n, Ac	1800, 0	1710, 0	1400, 0	956, 0	653, 0	430, 0	280, 0
3201 ~ 10000	n, Ac	3690, 0	2501, 0	1676, 0	1087, 0	699, 0	450, 0	315, 0
10001 ~ 35000	n, Ac	4306, 0	2762, 0	1793, 0	1132, 0	717, 0	500, 0	500, 1
35001 ~ 150000	n, Ac	4535, 0	2850, 0	1830, 0	1146, 0	800, 0	800, 1	500, 1
150001 ~ 500000	n, Ac	4583, 0	2869, 0	1838, 0	1250, 0	1250, 1	800, 1	800, 3
500001 이상	n, Ac	4601, 0	2876, 0	2000, 0	2000, 1	1250, 1	1250, 3	1250, 5

표 D.12 샘플링 검사 방식 – 1.25에서 31.5까지의 LQ (KS Q ISO 2859-2의 표 2)

로트 크기		부적합품률 또는 1000아이템당 평균 부적합수의 한계 품질 LQ							
		1.25	2.00	3.15	5.00	8.00	12.5	20.0	31.5
16 ~ 25	n, Ac	전수 검사	전수 검사	전수 검사	25, 0	17, 0	13, 0	9, 0	6, 0
26 ~ 50	n, Ac	전수 검사	50, 0	50, 0	28, 0	22, 0	15, 0	10, 0	6, 0
51 ~ 90	n, Ac	90, 0	50, 0	44, 0	34, 0	24, 0	16, 0	10, 0	8, 0
90 ~ 150	n, Ac	90, 0	80, 0	55, 0	38, 0	26, 0	18, 0	13, 0	13, 1
151 ~ 280	n, Ac	130, 0	95, 0	65, 0	42, 0	28, 0	20, 0	20, 1	13, 1
281 ~ 500	n, Ac	155, 0	105, 0	80, 0	50, 0	32, 0	32, 1	20, 1	20, 3
501 ~ 1200	n, Ac	170, 0	125, 0	125, 1	80, 1	50, 1	32, 1	32, 3	32, 5
1201 ~ 3200	n, Ac	200, 0	200, 1	125, 1	125, 3	80, 3	50, 3	50, 5	50, 10
3201 ~ 10000	n, Ac	315, 1	200, 1	200, 3	200, 5	125, 5	80, 5	80, 10	80, 18
10001 ~ 35000	n, Ac	315, 1	315, 3	315, 5	315, 10	200, 10	125, 10	125, 18	80, 18
35001 ~ 150000	n, Ac	500, 3	500, 5	500, 10	500, 18	315, 18	200, 18	125, 18	80, 18
150001 ~ 500000	n, Ac	800, 5	800, 10	800, 18	500, 18	315, 18	200, 18	125, 18	80, 18
500001 이상	n, Ac	1250, 5	1250, 10	1250, 18	800, 18	500, 18	315, 18	200, 18	125, 18

표 D.13 샘플링 검사 방식 – 부적합 사이의 상관관계가 없는 경우, 50에서 3150까지의 LQ
(KS Q ISO 2859-2의 표 3)

로트 크기		100아이템당 평균 부적합수의 한계 품질 LQ									
		50	80	125	200	315	500	800	1250	2000	3150
16 ~ 25	n, Ac	4, 0	3, 0	3, 1	2, 1	2, 3	2, 5	2, 10	2, 17	2, 29	2, 50
26 ~ 50	n, Ac	5, 0	5, 1	3, 1	3, 3	3, 5	3, 10	3, 17	2, 18	2, 29	2, 50
51 ~ 90	n, Ac	8, 1	5, 1	5, 3	5, 5	5, 10	5, 18	3, 18	2, 18	2, 29	2, 50
90 ~ 150	n, Ac	8, 1	8, 3	8, 5	8, 10	8, 18	5, 18	3, 18	2, 18	2, 29	2, 50
151 ~ 280	n, Ac	13, 3	13, 5	13,10	13,18	8, 18	5, 18	3, 18	2, 18	2, 29	2, 50
281 ~ 500	n, Ac	20, 5	20,10	20,18	13,18	8, 18	5, 18	3, 18	3, 29	3, 50	3, 82
501 ~ 1200	n, Ac	32,10	32,18	20,18	13,18	8, 18	5, 18	5, 31	5, 51	5, 84	5,141
1201 ~ 3200	n, Ac	50,18	32,18	20,18	13,18	8, 18	8, 31	8, 51	8, 84	8,141	8,229
3201 ~ 10000	n, Ac	50,18	32,18	20,18	13,18	13,31	13,51	13,84	13, 141	13, 229	13, 374
10001 ~ 35000	n, Ac	50,18	32,18	20,18	20,31	20,51	20,84	20, 141	20, 229	20, 374	20, 593
35001 ~ 150000	n, Ac	50,18	32,18	32,31	32,51	32,84	32, 242	32, 229	32, 374	32, 593	32, 959
150001 ~ 500000	n, Ac	50,18	50,31	50,51	50,84	50, 141	50, 229	50, 374	50, 593	50, 959	50, 1542
500001 이상	n, Ac	80,31	80,51	80,84	80, 143	80, 231	80, 374	80, 607	80, 959	80, 1548	80, 2455

표 D.14 샘플링 검사 방식 – 부적합 사이의 상관관계가 있는 경우, 50에서 3150까지의 LQ
(KS Q ISO 2859-2의 표 4)

로트 크기		100아이템당 평균 부적합수의 한계 품질 LQ									
		50	80	125	200	315	500	800	1250	2000	3150
16 ~ 25	n, Ac	5, 0	4, 0	3, 0	2, 0	2, 1	2, 2	2, 3	2, 6	2, 10	2, 16
26 ~ 50	n, Ac	5, 0	5, 1	4, 1	3, 1	3, 2	3, 4	3, 8	3, 13	3, 18	2, 18
51 ~ 90	n, Ac	8, 1	6, 1	5, 2	5, 3	5, 6	5, 11	4, 13	3, 13	3, 18	2, 18
90 ~ 150	n, Ac	9, 1	8, 2	8, 4	8, 7	8, 13	6, 14	4, 14	3, 14	3, 18	2, 18
151 ~ 280	n, Ac	13, 2	13, 5	13, 9	13,15	9, 15	6, 15	5, 17	4, 18	3, 18	2, 18
281 ~ 500	n, Ac	20, 5	20, 9	20,15	13,15	9, 15	7, 17	5, 18	4, 18	3, 21	3, 33
501 ~ 1200	n, Ac	32,10	32,17	22,17	14,17	10,17	7, 18	5, 18	5, 29	5, 47	5, 75
1201 ~ 3200	n, Ac	50,17	32,17	22,17	15,18	10,18	8, 21	8, 35	8, 56	8, 91	8,145
3201 ~ 10000	n, Ac	53,18	34,18	23,18	15,18	13,25	13,41	13,67	13, 105	13, 170	13, 270
10001 ~ 35000	n, Ac	53,18	34,18	23,18	20,26	20,43	20,70	20, 113	20, 178	20, 287	20, 454
35001 ~ 150000	n, Ac	53,18	34,18	32,28	32,46	32,75	32, 121	32, 196	32, 309	32, 496	32, 783
150001 ~ 500000	n, Ac	53,18	50,29	50,47	50,78	50, 125	50, 201	50, 325	50, 510	50, 819	50, 1292
500001 이상	n, Ac	80,30	80,50	80,81	80, 132	80, 211	80, 338	80, 544	80, 854	80, 1369	80, 2160

S U P P L E M E N T E



계량 조정형 샘플링 검사표: KS Q ISO 3951

표 E.1 샘플문자 및 검사수준(KS Q ISO 3951-1, KS Q ISO 3951-2의 표 A.1)

로트크기 또는 뱃치크기	특별 검사수준				일반 검사수준		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 ~ 8	B	B	B	B	B	B	B
9 ~ 15	B	B	B	B	B	B	C
16 ~ 25	B	B	B	B	B	C	D
26 ~ 50	B	B	B	C	C	D	E
51 ~ 90	B	B	C	C	C	E	F
91 ~ 150	B	B	C	D	D	F	G
151 ~ 280	B	C	D	E	E	G	H
281 ~ 500	B	C	D	E	F	H	J
501 ~ 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 ~ 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 ~ 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 ~ 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 ~ 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 ~ 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 000 이상	D	E	H	K	N	Q	R

표 E.2 보통 검사를 위한 k 형식 1회 샘플링검사 방식: s 방법
(KS Q ISO 3951-1, KS Q ISO 3951-2의 표 B.1)

샘플 문자	합격품질한계(퍼센트)															
	0.01	0.015	0.025	0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10.0
	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k	n k
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 0.950	4 0.735	4 0.586
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1.242	6 1.061	6 0.939	5 0.550
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 1.476	9 1.323	9 1.218	6 0.887	7 0.507
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	9 1.696	13 1.569	13 1.475	9 1.190	9 0.869	9 0.618
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	11 1.889	17 1.769	18 1.682	13 1.426	14 1.147	14 0.935	14 0.601
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	15 2.079	22 1.972	23 1.893	18 1.659	20 1.411	21 1.227	21 0.945	21 0.724
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	18 2.254	28 2.153	30 2.079	24 1.862	27 1.636	30 1.471	32 1.225	33 1.036	33 0.806
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	23 2.425	36 2.331	38 2.263	31 2.061	37 1.853	41 1.702	46 1.482	49 1.316	52 1.120	53 0.911
K	↓	↓	↓	↓	28 2.580	44 2.493	47 2.428	40 2.237	48 2.043	54 1.904	63 1.702	69 1.552	75 1.377	79 1.195	82 0.946	
L	↓	↓	↓	34 2.737	54 2.653	58 2.592	50 2.412	61 2.230	71 2.101	84 1.914	94 1.777	105 1.619	115 1.456	124 1.239		↑
M	↓	↓	40 2.882	64 2.802	69 2.744	60 2.573	76 2.400	89 2.279	108 2.104	124 1.977	143 1.832	159 1.683	178 1.488	↑	↑	
N	↓	55 3.023	88 2.948	96 2.892	86 2.728	112 2.564	134 2.449	171 2.285	202 2.166	239 2.031	277 1.894	332 1.716	↑	↑	↑	
P	63 3.161	101 3.089	110 3.036	102 2.879	132 2.723	159 2.614	207 2.459	244 2.347	293 2.220	348 2.092	424 1.928	↑	↑	↑	↑	
Q	116 3.288	127 3.219	120 3.167	155 3.016	189 2.867	247 2.762	298 2.615	362 2.508	438 2.388	541 2.268	↑	↑	↑	↑	↑	
R	3.351	3.301	3.156	3.012	2.912	2.771	2.670	2.556	2.443	2.298	↑	↑	↑	↑	↑	

표 E.3 까다로운 검사를 위한 k 형식 1회 샘플링검사 방식: s 방법
(KS Q ISO 3951-1, KS Q ISO 3951-2의 표 B.2)

샘플 문자	합격품질한계(퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>
B - D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 0,950	4 0,850	4 0,735	4 0,586	7 0,218
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,242	6 1,155	6 1,061	6 0,939	5 0,550	9 0,162
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 1,476	8 1,406	9 1,323	9 1,218	6 0,887	7 0,507	8 0,231
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	9 1,696	11 1,642	13 1,569	13 1,475	9 1,190	9 0,869	9 0,618	12 0,237
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	11 1,889	15 1,835	17 1,769	18 1,682	13 1,426	14 1,147	14 0,935	14 0,601	13 0,454
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	15 2,079	19 2,033	22 1,972	23 1,893	18 1,659	20 1,411	21 1,227	21 0,945	21 0,830	21 0,626
K	↓	↓	↓	↓	↓	18 2,254	24 2,209	28 2,153	30 2,079	24 1,862	27 1,636	30 1,471	32 1,225	33 1,126	33 0,954	33 0,806
L	↓	↓	↓	↓	23 2,425	30 2,385	36 2,331	38 2,263	31 2,061	37 1,853	41 1,702	46 1,482	48 1,394	50 1,245	52 1,120	↑
M	↓	↓	↓	28 2,580	37 2,543	44 2,493	47 2,428	40 2,237	48 2,043	54 1,904	63 1,702	66 1,622	71 1,489	75 1,377	↑	↑
N	↓	↓	34 2,737	44 2,701	54 2,653	58 2,592	50 2,412	61 2,230	71 2,101	84 1,914	90 1,842	99 1,720	105 1,619	↑	↑	↑
P	↓	40 2,882	52 2,848	64 2,802	69 2,744	60 2,573	76 2,400	89 2,279	108 2,104	117 2,037	131 1,924	143 1,832	↑	↑	↑	↑
Q	47 3,023	61 2,991	75 2,948	82 2,892	73 2,728	93 2,564	110 2,449	137 2,285	149 2,222	169 2,117	186 2,031	↑	↑	↑	↑	↑
R	71 3,131	88 3,089	96 3,036	86 2,879	112 2,723	134 2,614	171 2,459	187 2,399	214 2,300	239 2,220	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.4 수월한 검사를 위한 k 형식 1회 샘플링검사 방식: s 방법
(KS Q ISO 3951-1, KS Q ISO 3951-2의 표 B.3)

샘플 문자	합격품질한계(퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>
B - D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 0,950	4 0,850	4 0,735	4 0,586	7 0,218
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,242	6 1,155	6 1,061	6 0,939	5 0,550	9 0,162
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 1,476	8 1,406	9 1,323	9 1,218	6 0,887	7 0,507	8 0,231
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	9 1,696	11 1,642	13 1,569	13 1,475	9 1,190	9 0,869	9 0,618	12 0,237
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	11 1,889	15 1,835	17 1,769	18 1,682	13 1,426	14 1,147	14 0,935	14 0,601	13 0,454
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	15 2,079	19 2,033	22 1,972	23 1,893	18 1,659	20 1,411	21 1,227	21 0,945	21 0,830	21 0,626
K	↓	↓	↓	↓	↓	18 2,254	24 2,209	28 2,153	30 2,079	24 1,862	27 1,636	30 1,471	32 1,225	33 1,126	33 0,954	33 0,806
L	↓	↓	↓	↓	23 2,425	30 2,385	36 2,331	38 2,263	31 2,061	37 1,853	41 1,702	46 1,482	48 1,394	50 1,245	52 1,120	↑
M	↓	↓	↓	28 2,580	37 2,543	44 2,493	47 2,428	40 2,237	48 2,043	54 1,904	63 1,702	66 1,622	71 1,489	75 1,377	↑	↑
N	↓	↓	34 2,737	44 2,701	54 2,653	58 2,592	50 2,412	61 2,230	71 2,101	84 1,914	90 1,842	99 1,720	105 1,619	↑	↑	↑
P	↓	40 2,882	52 2,848	64 2,802	69 2,744	60 2,573	76 2,400	89 2,279	108 2,104	117 2,037	131 1,924	143 1,832	↑	↑	↑	↑
Q	47 3,023	61 2,991	75 2,948	82 2,892	73 2,728	93 2,564	110 2,449	137 2,285	149 2,222	169 2,117	186 2,031	↑	↑	↑	↑	↑
R	71 3,131	88 3,089	96 3,036	86 2,879	112 2,723	134 2,614	171 2,459	187 2,399	214 2,300	239 2,220	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.5 보통 검사를 위한 k 형식 1회 샘플링검사 방식: σ 방법
(KS Q ISO 3951-1, KS Q ISO 3951-2의 표 C.1)

샘플 문자	합격품질한계(퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 0,709	4 0,571	3 0,417
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 1,115	5 0,945	5 0,821	4 0,436
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,406	6 1,240	6 1,128	5 0,770	5 0,431
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,595	7 1,506	8 1,419	7 1,115	7 0,792	7 0,555	
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 1,845	8 1,720	9 1,635	8 1,366	10 1,094	9 0,877	11 0,564	
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 2,006	9 1,934	10 1,856	9 1,610	12 1,370	13 1,186	13 0,906	15 0,694	
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 2,218	10 2,122	11 2,046	10 1,820	13 1,599	16 1,439	16 1,191	19 1,009	23 0,786	
J	↓	↓	↓	↓	↓	7 2,401	11 2,302	12 2,234	11 2,025	15 1,823	19 1,677	21 1,456	24 1,293	29 1,102	34 0,897	
K	↓	↓	↓	↓	7 2,541	12 2,468	13 2,401	13 2,210	17 2,018	21 1,882	27 1,683	29 1,533	35 1,361	42 1,182	53 0,937	
L	↓	↓	↓	8 2,710	13 2,629	15 2,573	14 2,387	19 2,209	24 2,083	32 1,900	34 1,761	42 1,606	52 1,446	66 1,231	↑	
M	↓	↓	9 2,996	14 2,844	16 2,780	15 2,726	21 2,382	27 2,264	36 2,092	39 1,963	50 1,821	61 1,674	79 1,481	↑	↑	
N	↓	10 3,141	17 3,069	19 3,023	19 2,865	26 2,711	30 2,550	40 2,437	45 2,274	57 2,155	72 2,022	94 1,887	↑	↑	↑	
P	11 3,275	18 3,207	20 3,155	20 3,002	28 2,856	35 2,752	49 2,607	57 2,500	72 2,381	92 2,262	125 2,110	↑	↑	↑	↑	
Q	19 3,339	21 3,289	22 3,145	30 3,002	38 2,903	54 2,764	64 2,663	81 2,550	105 2,438	142 2,294	↑	↑	↑	↑	↑	
R																

표 E.6 까다로운 검사를 위한 k 형식 1회 샘플링검사 방식: σ 방법
(KS Q ISO 3951-1, KS Q ISO 3951-2의 표 C.2)

샘플 문자	합격품질한계(퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 0,709	4 0,571
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 1,115	5 0,945
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,406	6 1,240	5 0,770
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,595	7 1,506	8 1,419	7 1,115	7 0,792
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 1,845	8 1,720	9 1,635	8 1,366	10 1,094	9 0,877
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 2,006	9 1,934	10 1,856	9 1,610	12 1,370	13 1,186	13 0,906
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 2,218	10 2,122	11 2,046	10 1,820	13 1,599	16 1,439	16 1,191	20 0,929
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7 2,401	11 2,302	12 2,234	11 2,025	15 1,823	19 1,677	21 1,456	25 1,223	32 0,994
K	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7 2,541	12 2,468	13 2,401	13 2,210	17 2,018	21 1,882	27 1,683	31 1,471	39 1,267	49 1,035
L	↓	↓	↓	↓	8 2,710	13 2,629	15 2,573	14 2,387	19 2,209	24 2,083	32 1,900	37 1,705	47 1,521	61 1,316	↑	↑
M	↓	↓	↓	8 2,844	14 2,780	16 2,726	15 2,550	21 2,382	27 2,264	36 2,092	43 1,912	55 1,742	72 1,556	↑	↑	↑
N	↓	↓	10 3,142	17 3,076	15 2,996	17 2,929	17 2,874	24 2,709	30 2,550	40 2,437	49 2,274	65 2,106	85 1,950	↑	↑	↑
P	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	↓	11 3,275	18 3,207	20 3,155	20 3,002	28 2,856	35 2,752	49 2,607	61 2,456	83 2,318	112 2,169	↑	↑	↑	↑	↑
R	14 3,391	19 3,339	21 3,289	22 3,145	30 3,002	38 2,903	54 2,764	68 2,621	92 2,490	126 2,350	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.7 수월한 검사를 위한 k 형식 1회 샘플링검사 방식: σ 방법
(KS Q ISO 3951-1, KS Q ISO 3951-2의 표 C.3)

샘플 문자	한계품질하계(부적합 퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>	<i>n</i> <i>k</i>
B-D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 0,709	4 0,679	4 0,571	3 0,417	6 0,187
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 1,115	5 1,047	5 0,945	5 0,821	4 0,436	8 0,145
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,406	5 1,314	6 1,240	6 1,128	5 0,770	5 0,431	7 0,204
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 1,595	6 1,581	7 1,506	8 1,419	7 1,115	7 0,792	7 0,555	11 0,220
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 1,845	7 1,788	8 1,720	9 1,635	8 1,366	10 1,094	9 0,877	11 0,564	11 0,424
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 2,006	7 1,982	9 1,934	10 1,856	9 1,610	12 1,370	13 1,186	13 0,906	14 0,796	16 0,601
K	↓	↓	↓	↓	↓	6 2,218	8 2,171	10 2,122	11 2,046	10 1,820	13 1,599	16 1,439	16 1,191	18 1,096	20 0,929	23 0,786
L	↓	↓	↓	↓	7 2,401	9 2,355	11 2,302	12 2,234	11 2,025	15 1,823	19 1,677	21 1,456	22 1,369	25 1,223	29 1,102	↑
M	↓	↓	↓	7 2,541	10 2,518	12 2,468	13 2,401	13 2,210	17 2,018	21 1,882	27 1,683	26 1,601	31 1,471	35 1,361	↑	↑
N	↓	↓	8 2,710	10 2,669	13 2,629	15 2,573	14 2,387	19 2,209	24 2,083	32 1,900	31 1,825	37 1,705	42 1,606	↑	↑	↑
P	↓	8 2,844	11 2,822	14 2,780	16 2,726	15 2,550	21 2,382	27 2,264	36 2,092	38 2,024	43 1,912	50 1,821	↑	↑	↑	↑
Q	9 2,996	12 2,969	15 2,929	17 2,874	17 2,709	24 2,550	30 2,437	40 2,274	45 2,212	49 2,106	57 2,022	↑	↑	↑	↑	↑
R	13 3,113	17 3,076	19 3,023	19 2,865	26 2,711	33 2,603	45 2,450	50 2,390	55 2,291	65 2,212	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.8 보통 검사를 위한 p^* 형식 1회 샘플링검사 방식: s 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 D.1)

샘플 문자	합격품질한계(부적합 퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 19,25	4 25,50	4 30,47
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 8,600	6 14,53	5 17,93
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 5,220	9 8,717	6 10,82	7 19,46
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	9 3,279	13 5,195	9 6,466	9 11,43	9 19,61
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	11 1,958	17 3,295	18 4,144	13 7,204	14 12,45	14 17,61	14 27,71
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	15 1,245	22 2,011	23 2,518	18 4,381	20 7,627	21 10,85	21 17,29	21 23,62
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	18 7546	28 1,266	30 1,592	24 2,751	27 4,799	30 6,857	32 10,94	33 15,00	33 21,09
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	23 4,753	36 7,878	38 9,814	31 1,685	37 2,959	41 4,241	46 6,783	49 9,324	52 13,11	53 18,14
K	↓	↓	↓	↓	↓	28 3,027	44 4,976	47 6,222	40 1,071	48 1,876	54 2,687	63 4,313	69 5,935	75 8,361	79 11,57	82 17,22
L	↓	↓	↓	↓	34 1,880	54 3,105	58 3,872	50 6,625	61 1,162	71 1,667	84 2,681	94 3,692	105 5,204	115 7,220	124 10,74	↑
M	↓	↓	↓	40 1,180	64 1,954	69 2,436	60 4,150	76 7,337	89 1,052	108 1,694	124 2,335	143 3,290	159 4,571	178 6,804	↑	↑
N	↓	↓	47 0,7418	75 1,217	82 1,524	73 2,605	93 4,595	110 6,602	137 1,063	159 1,467	186 2,069	213 2,873	247 4,286	↑	↑	↑
P	↓	55 0,4641	88 0,7599	96 0,9473	86 1,614	112 2,852	134 4,100	171 6,611	202 9,127	239 1,290	277 1,793	332 2,668	↑	↑	↑	↑
Q	63 0,02960	101 0,04835	110 0,06042	102 0,1034	132 0,1817	159 0,2619	207 0,4220	244 0,5836	293 0,8248	348 1,146	424 1,707	↑	↑	↑	↑	↑
R	116 0,03011	127 0,03762	120 0,06433	155 0,1132	189 0,1631	247 0,2634	298 0,3637	362 0,5145	438 0,7143	541 1,065	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.9 까다로운 검사를 위한 p^* 형식 1회 샘플링검사 방식: s 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 D.2)

샘플 문자	합격품질한계(부적합 퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*	n 100 p^*
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 19,25	4 25,50
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 8,600	6 14,53
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 5,220	9 8,717
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	9 3,279	13 5,195
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	11 1,958	17 3,295
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	15 1,245	22 2,011
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	18 7546	28 1,266
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	23 47 53	36 78 79
K	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	28 3027	44 4976
L	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	58 3872	50 6625
M	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	61 1,162	71 1,667
N	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	84 2,681	99 4,192
P	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	111 6,205	122 9,224
Q	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	122 9,224	148 14,80
R	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	148 14,80	172 17,29

표 E.10 수월한 검사를 위한 p^* 형식 1회 샘플링검사 방식: s 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 D.3)

샘플 문자	합격품질한계(부적합 퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$	$\frac{n}{100p^*}$
B - D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 19,25	4 21,67	4 25,50	4 30,47	7 41,88
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 8,600	6 12,09	6 14,53	6 17,93	5 30,74	9 43,83
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 5,220	8 7,090	9 8,717	9 10,82	6 19,46	7 31,49	8 41,30
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	9 3,279	11 4,162	13 5,195	13 6,466	9 11,43	9 19,61	9 27,43	12 40,88
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	11 1,958	15 2,670	17 3,295	18 4,144	13 7,204	14 12,45	14 17,61	14 27,71	13 32,84
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	15 1,245	19 1,613	22 2,011	23 2,518	18 4,381	20 7,627	21 10,85	21 17,29	21 20,45	21 26,75
K	↓	↓	↓	↓	↓	18 ,7546	24 1,016	28 1,266	30 1,592	24 2,751	27 4,799	30 6,857	32 10,94	33 12,96	33 17,03	33 21,09
L	↓	↓	↓	↓	23 ,4753	30 ,6246	36 ,7878	38 ,9814	31 1,685	37 2,959	41 4,241	46 6,783	48 8,059	50 10,59	52 13,11	↑
M	↓	↓	↓	28 ,3027	37 ,3976	44 ,4976	47 ,6222	40 1,071	48 1,876	54 2,687	63 4,313	66 5,129	71 6,738	75 8,361	↑	↑
N	↓	↓	34 ,1880	44 ,2451	54 ,3105	58 ,3872	50 ,6625	61 1,162	71 1,667	84 2,681	90 3,182	99 4,192	105 5,204	↑	↑	↑
P	↓	40 ,1180	52 ,1540	64 ,1954	69 ,2436	60 ,4150	76 ,7336	89 1,052	108 1,694	117 2,012	131 2,654	143 3,290	↑	↑	↑	↑
Q	47 ,07418	61 ,09633	75 ,1217	82 ,1524	73 ,2605	93 ,4595	110 ,6602	137 1,063	149 1,264	169 1,666	186 2,069	↑	↑	↑	↑	↑
R	71 ,05982	88 ,07599	96 ,09473	86 ,1614	112 ,2852	134 ,4100	171 ,6611	187 ,7874	214 1,039	239 1,290	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.11 보통 검사를 위한 p^* 형식 1회 샘플링검사 방식: σ 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 E.1)

샘플 문자	합격품질한계(부적합 퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$	$100p^*$
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 19,25	4 25,50	3 30,47
C												↓	3 8,600	5 14,53	5 17,93	3 30,74
D											↓	4 5,220	6 8,717	6 10,82	5 19,46	5 31,49
E										↓	4 3,279	7 5,195	8 6,466	7 11,43	7 19,61	7 27,43
F									↓	5 1,958	8 3,295	9 4,144	8 7,204	10 12,45	9 17,61	11 27,71
G								↓	5 1,245	9 2,011	10 2,518	9 4,381	12 7,627	13 10,85	13 17,29	15 23,62
H							↓	6 ,7546	10 1,266	11 1,592	10 2,751	13 4,799	16 6,857	16 10,94	19 15,00	23 21,09
J						↓	7 ,4753	11 ,7878	12 ,9814	11 1,685	15 2,959	19 4,241	21 6,783	24 9,324	29 13,11	34 18,14
K					↓	7 ,3027	12 ,4976	13 ,6222	13 1,071	17 1,876	21 2,687	27 4,313	29 5,935	35 8,361	42 11,57	53 17,22
L				↓	8 ,1880	13 ,3105	15 ,3872	14 ,6625	19 1,162	24 1,667	32 2,681	34 3,692	42 5,204	52 7,220	66 10,74	↑
M			↓	8 ,1180	14 ,1954	16 ,2436	15 ,4150	21 ,7336	27 1,052	36 1,694	39 2,335	50 3,290	61 4,571	79 6,804	↑	↑
N		↓	9 ,07418	15 ,1217	17 ,1524	17 ,2605	24 ,4595	30 ,6602	40 1,063	45 1,467	57 2,069	72 2,873	94 4,277	↑	↑	↑
P	↓	10 ,04641	17 ,07599	19 ,09473	19 ,1622	26 ,2852	33 ,4100	45 ,6611	51 ,9127	65 1,290	82 1,793	110 2,668	↑	↑	↑	↑
Q	11 ,02960	18 ,04835	20 ,06042	20 ,1034	28 ,1817	35 ,2619	49 ,4220	57 ,5836	72 ,8248	92 1,146	125 1,707	↑	↑	↑	↑	↑
R	19 ,03011	21 ,03762	22 ,06433	30 ,1132	38 ,1631	54 ,2634	64 ,3637	81 ,5145	105 ,7143	142 1,065	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.12 까다로운 검사를 위한 p^* 형식 1회 샘플링검사 방식: σ 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 E.2)

샘플 문자	합격품질한계(부적합 퍼센트)															
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$	n $100p^*$
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 19,25	4 25,50
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 8,600	5 14,53 17,93
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 5,220	6 8,717	5 10,82 19,46
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 3,279	7 5,195	8 6,466	7 11,43	7 19,61
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 1,958	8 3,295	9 4,144	8 7,204	10 12,45	9 17,61	
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 1,245	9 2,011	10 2,518	9 4,381	12 7,627	13 10,85	13 17,29	
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6 7546	10 1,266	11 1,592	10 2,751	13 4,799	16 6,857	16 10,94	20 17,03	
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7 4,753	11 7,878	12 9,814	11 1,685	15 2,959	19 4,241	21 6,783	25 10,59	32 15,63	
K	↓	↓	↓	↓	↓	7 3,027	12 4,976	13 6,222	13 1,071	17 1,876	21 2,687	27 4,313	31 6,738	39 9,963	49 14,80	
L	↓	↓	↓	↓	8 1,180	13 3,105	15 3,872	14 6,625	19 1,162	24 1,667	32 2,681	37 4,192	47 6,205	61 9,224	↑	
M	↓	↓	↓	9 1,180	14 1,954	16 2,436	15 4,150	21 7,336	27 1,052	36 1,694	43 2,654	55 3,936	72 5,051	↑	↑	
N	↓	↓	10 0,4641	17 0,7599	19 0,9473	19 1,622	26 2,852	33 4,100	45 6,611	55 1,039	74 1,540	99 2,292	85 3,679	↑	↑	
P	↓	11 0,2960	18 0,4835	20 0,6042	20 1,034	28 1,817	35 2,619	49 4,220	61 6,640	83 9,849	112 1,466	↑	↑	↑	↑	
Q	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	14 0,2165	19 0,3011	21 0,3762	22 0,6433	30 1,132	38 1,631	54 2,634	68 4,141	92 6,152	126 9,152	↑	↑	↑	↑	↑	

표 E.13 수월한 검사를 위한 p^* 형식 1회 샘플링검사 방식: σ 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 E.3)

샘플 문자	합격품질한계(부적합 퍼센트)																
	0,01	0,015	0,025	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0	
	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	n 100p*	
B - D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 19,25	4 21,67	4 25,50	3 30,47	6 41,88	
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 8,600	5 12,09	5 14,53	5 17,93	4 30,74	8 43,83
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 5,220	5 7,090	6 8,717	6 10,82	5 19,46	5 31,14	7 41,30
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	4 3,279	6 4,162	7 5,195	8 6,466	7 11,43	7 19,61	7 27,43	7 41,07	
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 1,958	7 2,670	8 3,295	9 4,144	8 7,204	10 12,45	9 17,61	11 27,71	11 32,84	
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 1,245	7 1,613	9 2,011	10 2,518	9 4,381	12 7,627	13 10,85	13 17,29	14 20,45	16 26,75	
K	↓	↓	↓	↓	↓	6 ,7546	8 1,016	10 1,266	11 1,592	10 2,751	13 4,799	16 6,857	16 10,94	18 12,96	20 17,03	23 21,09	
L	↓	↓	↓	↓	7 ,4753	9 ,6246	11 ,7878	12 ,9814	11 1,685	15 2,959	19 4,241	21 6,783	22 8,059	25 10,59	29 13,11	↑	
M	↓	↓	↓	7 ,3027	10 ,3976	12 ,4976	13 ,6222	13 1,071	17 1,876	21 2,687	27 4,313	26 5,129	31 6,738	35 8,361	↑	↑	
N	↓	↓	8 ,1880	10 ,2451	13 ,3105	15 ,3872	14 ,6625	19 1,162	24 1,667	32 2,681	31 3,182	37 4,192	42 5,204	↑	↑	↑	
P	↓	8 ,1180	11 ,1540	14 ,1954	16 ,2436	15 ,4150	21 ,7336	27 1,052	36 1,694	38 2,012	43 2,654	50 3,290	↑	↑	↑	↑	
Q	9 ,07418	12 ,09633	15 ,1218	17 ,1524	17 ,2605	24 ,4595	30 ,6602	40 1,063	45 1,264	49 1,666	57 2,069	↑	↑	↑	↑	↑	
R	13 ,05982	17 ,07599	19 ,09473	19 ,1622	26 ,2852	33 ,4100	45 ,6611	50 ,7874	55 1,039	65 1,290	↑	↑	↑	↑	↑	↑	

표 E.14 양쪽 규격한계의 결함관리를 위한 최대샘플표준편차에 대한 f_s 의 값: 보통 검사, s 방법
(KS Q ISO 3951-1의 표 D.1, KS Q ISO 3951-2의 표 F.1)

샘플 문자	합격품질한계(부적합 퍼센트)															
	0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	▽	0,475	0,447	0,479
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	▽	0,365	0,366	0,388
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,303	0,312	0,328	0,399	0,494
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,265	0,274	0,285	0,333	0,395	0,458
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,241	0,248	0,257	0,292	0,334	0,375	0,461
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,221	0,227	0,234	0,260	0,290	0,318	0,371	0,424
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,206	0,211	0,216	0,237	0,260	0,280	0,316	0,350	0,401
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,192	0,197	0,201	0,218	0,236	0,251	0,277	0,301	0,333	0,376
K	↓	↓	↓	↓	↓	0,182	0,185	0,189	0,203	0,218	0,230	0,250	0,268	0,291	0,319	0,367
L	↓	↓	↓	↓	0,172	0,175	0,179	0,190	0,203	0,212	0,229	0,242	0,259	0,279	0,312	↑
M	↓	↓	↓	0,164	0,167	0,170	0,180	0,190	0,199	0,212	0,222	0,236	0,251	0,275	↑	↑
N	↓	↓	0,157	0,160	0,162	0,171	0,180	0,187	0,198	0,206	0,217	0,230	0,248	↑	↑	↑
P	↓	0,151	0,153	0,155	0,163	0,171	0,177	0,186	0,193	0,202	0,212	0,226	↑	↑	↑	↑
Q	0,145	0,147	0,149	0,156	0,163	0,168	0,176	0,183	0,190	0,199	0,210	↑	↑	↑	↑	↑
R	0,142	0,144	0,150	0,156	0,161	0,168	0,173	0,180	0,187	0,196	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.15 양쪽 규격한계의 결함관리를 위한 최대샘플표준편차에 대한 f_s 의 값: 까다로운 검사, s 방법
(KS Q ISO 3951-1의 표 D.2, KS Q ISO 3951-2의 표 F.2)

샘플 문자	합격품질한계(퍼센트)															
	0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,475	0,447
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,365	0,366	0,388
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,303	0,312	0,328	0,399	0,494
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,265	0,274	0,285	0,333	0,395	0,458
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,241	0,248	0,257	0,292	0,334	0,375	0,461
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,221	0,227	0,234	0,260	0,290	0,318	0,371	0,424
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,206	0,211	0,216	0,237	0,260	0,280	0,316	0,350	0,401
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,192	0,197	0,201	0,218	0,236	0,251	0,277	0,301	0,333	0,376
K	↓	↓	↓	↓	↓	0,182	0,185	0,189	0,203	0,218	0,230	0,250	0,268	0,291	0,319	0,367
L	↓	↓	↓	↓	0,172	0,175	0,179	0,190	0,203	0,212	0,229	0,242	0,259	0,279	0,312	↑
M	↓	↓	↓	0,164	0,167	0,170	0,180	0,190	0,199	0,212	0,222	0,236	0,251	0,275	↑	↑
N	↓	↓	0,157	0,160	0,162	0,171	0,180	0,187	0,198	0,206	0,217	0,230	0,248	↑	↑	↑
P	↓	0,151	0,153	0,155	0,163	0,171	0,177	0,186	0,193	0,202	0,212	0,226	↑	↑	↑	↑
Q	0,145	0,147	0,149	0,156	0,163	0,168	0,176	0,183	0,190	0,199	0,210	↑	↑	↑	↑	↑
R	0,140	0,142	0,144	0,150	0,156	0,161	0,168	0,175	0,183	0,192	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.16 양쪽 규격한계의 결함관리를 위한 최대샘플표준편차에 대한 f_s 의 값: 보통 검사, s 방법
(KS Q ISO 3951-1의 표 D.3, KS Q ISO 3951-2의 표 F.3)

샘플 문자	합격품질한계(퍼센트)															
	0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s	f_s
B-D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	▽	0,475	0,426	0,447	0,479	0,602	
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,365	0,350	0,366	0,388	0,484	0,632	
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,303	0,303	0,312	0,328	0,399	0,494	0,598	
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,265	0,267	0,274	0,285	0,333	0,395	0,458	0,599	
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,241	0,243	0,248	0,257	0,292	0,334	0,375	0,461	0,510	
J	↓	↓	↓	↓	↓	0,221	0,223	0,227	0,234	0,260	0,290	0,318	0,371	0,397	0,452	
K	↓	↓	↓	↓	0,206	0,207	0,211	0,216	0,237	0,260	0,280	0,316	0,333	0,367	0,401	
L	↓	↓	↓	0,192	0,194	0,197	0,202	0,218	0,233	0,251	0,277	0,289	0,312	0,333	↑	
M	↓	↓	0,182	0,183	0,185	0,189	0,203	0,218	0,230	0,250	0,259	0,276	0,291	↑	↑	
N	↓	0,172	0,173	0,175	0,179	0,190	0,203	0,212	0,229	0,235	0,248	0,259	↑	↑	↑	
P	0,157	0,164	0,165	0,167	0,170	0,180	0,190	0,199	0,212	0,217	0,227	0,236	↑	↑	↑	
Q	0,151	0,153	0,155	0,162	0,171	0,180	0,187	0,198	0,202	0,210	0,217	↑	↑	↑	↑	
R				0,163	0,171	0,177	0,186	0,190	0,196	0,202	↑	↑	↑	↑	↑	↑

표 E.17 양쪽 규격한계의 결함관리를 위한 최대공정표준편차에 대한 f_σ 의 값: σ 방법
(KS Q ISO 3951-1의 표 E.1, KS Q ISO 3951-2의 표 G.1)

합격품질한계 (부적합 퍼센트)	f_σ
0.010	0.125
0.015	0.129
0.025	0.132
0.040	0.137
0.065	0.141
0.10	0.147
0.15	0.152
0.25	0.157
0.40	0.165
0.65	0.174
1.0	0.184
1.5	0.194
2.5	0.206
4.0	0.223
6.5	0.243
10	0.271

표 E.18 양쪽 규격한계 분리관리의 최대공정표준편차에 대한 f_σ 의 값: σ 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 G.2)

AQL% (하한)	부적합 퍼센트로 표시한 합격품질한계(상한)															
	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10.0
	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ
0.010	0.131	0.133	0.134	0.137	0.139	0.142	0.145	0.147	0.151	0.154	0.158	0.163	0.167	0.173	0.179	0.187
0.015	0.133	0.134	0.136	0.139	0.141	0.144	0.147	0.150	0.153	0.157	0.161	0.165	0.170	0.176	0.183	0.191
0.025	0.134	0.136	0.138	0.141	0.144	0.146	0.149	0.152	0.156	0.160	0.164	0.168	0.173	0.179	0.186	0.195
0.040	0.137	0.139	0.141	0.144	0.146	0.149	0.152	0.155	0.159	0.163	0.168	0.172	0.177	0.184	0.191	0.200
0.065	0.139	0.141	0.144	0.146	0.149	0.152	0.155	0.158	0.162	0.167	0.171	0.176	0.181	0.188	0.196	0.205
0.10	0.142	0.144	0.146	0.149	0.152	0.155	0.159	0.162	0.166	0.170	0.175	0.180	0.186	0.193	0.201	0.211
0.15	0.145	0.147	0.149	0.152	0.155	0.159	0.162	0.165	0.170	0.174	0.179	0.185	0.190	0.198	0.207	0.217
0.25	0.147	0.150	0.152	0.155	0.158	0.162	0.165	0.168	0.173	0.178	0.183	0.189	0.195	0.203	0.212	0.223
0.40	0.151	0.153	0.156	0.159	0.162	0.166	0.170	0.173	0.178	0.183	0.189	0.195	0.201	0.210	0.219	0.231
0.65	0.154	0.157	0.160	0.163	0.167	0.170	0.174	0.178	0.183	0.189	0.195	0.201	0.207	0.217	0.227	0.240
1.0	0.158	0.161	0.164	0.168	0.171	0.175	0.179	0.183	0.189	0.195	0.201	0.208	0.215	0.225	0.236	0.250
1.5	0.163	0.165	0.168	0.172	0.176	0.180	0.185	0.189	0.195	0.201	0.208	0.215	0.222	0.233	0.245	0.260
2.5	0.167	0.170	0.173	0.177	0.181	0.186	0.190	0.195	0.201	0.207	0.215	0.222	0.230	0.242	0.255	0.271
4.0	0.173	0.176	0.179	0.184	0.188	0.193	0.198	0.203	0.210	0.217	0.225	0.233	0.242	0.255	0.269	0.288
6.5	0.179	0.183	0.186	0.191	0.196	0.201	0.207	0.212	0.219	0.227	0.236	0.245	0.255	0.269	0.286	0.306
10.0	0.187	0.191	0.195	0.200	0.205	0.211	0.217	0.223	0.231	0.240	0.250	0.260	0.271	0.288	0.306	0.330

표 E.19 양쪽 규격한계 복합관리의 최대공정표준편차에 대한 f_σ 의 값: σ 방법
(KS Q ISO 3951-2의 표 G.3)

AQL % (단일 한계)	부적합 퍼센트로 표시한 합격품질한계(두 한계를 결합)															
	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10.0	
	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	f_σ	
0.010	0.129	0.132	0.135	0.138	0.141	0.144	0.147	0.151	0.154	0.158	0.162	0.167	0.173	0.179	0.187	
0.015		0.132	0.136	0.140	0.143	0.146	0.149	0.153	0.157	0.161	0.165	0.170	0.176	0.183	0.191	
0.025			0.137	0.141	0.145	0.148	0.151	0.155	0.159	0.164	0.168	0.173	0.179	0.186	0.195	
0.040				0.141	0.146	0.150	0.154	0.158	0.162	0.167	0.172	0.177	0.184	0.191	0.200	
0.065					0.147	0.152	0.156	0.161	0.166	0.171	0.176	0.181	0.188	0.196	0.205	
0.10						0.152	0.157	0.163	0.169	0.174	0.180	0.185	0.193	0.201	0.211	
0.15							0.157	0.165	0.171	0.178	0.183	0.189	0.197	0.206	0.217	
0.25								0.165	0.173	0.180	0.187	0.193	0.202	0.211	0.223	
0.40									0.174	0.183	0.191	0.198	0.208	0.218	0.230	
0.65										0.184	0.194	0.202	0.213	0.225	0.238	
1.0											0.194	0.205	0.219	0.232	0.247	
1.5												0.206	0.222	0.238	0.255	
2.5													0.223	0.242	0.262	
4.0														0.243	0.269	
6.5																0.271

표 E.20 샘플 표준편차에 대한 관리 상한의 C_U 값

(KS Q ISO 3951-1의 표 H.1, KS Q ISO 3951-2의 표 I.1)

샘플 크기 n	계수 c_U	샘플 크기 n	계수 c_U	샘플 크기 n	계수 c_U	샘플 크기 n	계수 c_U	샘플 크기 n	계수 c_U	샘플 크기 n	계수 c_U
3	2.296 8	27	1.361 6	51	1.260 0	82	1.203 9	124	1.165 2	213	1.125 6
4	2.064 7	28	1.354 8	52	1.257 4	83	1.202 6	125	1.164 5	214	1.125 3
5	1.924 1	29	1.348 4	53	1.254 9	84	1.201 4	126	1.163 8	233	1.120 0
6	1.827 3	30	1.342 2	54	1.252 5	85	1.200 2	127	1.163 2	239	1.118 5
7	1.755 5	31	1.336 4	55	1.250 1	88	1.196 7	131	1.160 6	244	1.117 3
8	1.699 5	32	1.330 9	57	1.245 6	89	1.195 5	132	1.160 0	247	1.116 5
9	1.654 3	33	1.325 7	58	1.243 4	90	1.194 4	134	1.158 8	260	1.113 6
10	1.616 8	34	1.320 6	60	1.239 2	92	1.192 3	137	1.157 0	262	1.113 1
11	1.585 0	35	1.315 9	61	1.237 2	93	1.191 2	142	1.154 2	277	1.110 0
12	1.557 7	36	1.311 3	63	1.233 3	94	1.190 2	143	1.153 7	293	1.106 9
13	1.533 8	37	1.306 9	64	1.231 4	96	1.188 1	149	1.150 5	298	1.106 0
14	1.512 8	38	1.302 7	65	1.229 6	99	1.185 2	150	1.150 0	312	1.103 6
15	1.494 0	39	1.298 6	66	1.227 8	101	1.183 3	155	1.147 5	320	1.102 3
16	1.477 1	40	1.294 7	68	1.224 3	102	1.182 4	159	1.145 6	323	1.101 8
17	1.461 9	41	1.291 0	69	1.222 7	105	1.179 8	169	1.141 2	332	1.100 4
18	1.448 0	42	1.287 4	71	1.219 4	108	1.177 2	170	1.140 8	348	1.098 0
19	1.435 3	43	1.283 9	72	1.217 9	110	1.175 5	171	1.140 4	362	1.096 1
20	1.423 6	44	1.280 6	73	1.216 3	111	1.174 7	178	1.137 5	395	1.092 0
21	1.412 8	45	1.277 3	74	1.214 8	112	1.173 9	186	1.134 5	398	1.091 6
22	1.402 7	46	1.274 2	75	1.213 4	115	1.171 6	187	1.134 1	424	1.088 7
23	1.393 4	47	1.271 2	76	1.211 9	116	1.170 9	189	1.133 4	438	1.087 3
24	1.384 7	48	1.268 3	78	1.209 1	117	1.170 1	201	1.129 3	498	1.081 8
25	1.376 5	49	1.265 4	79	1.207 8	120	1.168 0	202	1.129 0	541	1.078 5
26	1.368 8	50	1.262 7	81	1.205 2	122	1.166 6	207	1.127 4		

S U P P L E M E N T F



7가지 기본 품질 도구

- F.1 체크시트
- F.2 히스토그램
- F.3 파레토 그림
- F.4 특성요인도
- F.5 산점도
- F.6 층별
- F.7 기타 각종 그래프

현장에서 품질개선활동을 수행하는 과정 중에 활용할 수 있는 기본적인 품질도구들을 소개한다. 7가지 기본 품질도구는 체크시트, 히스토그램, 파레토 그림, 특성요인도, 산점도, 층별, 기타 그래프를 이용한 각종 분석도구이다.

F.1 | 체크시트

체크시트는 주로 자료를 수집하는 데 사용되는 도구로서 자료 수집 목적에 따라 표 형식 혹은 그림 형식으로 작성할 수 있다. 그림 F.1는 표 형식으로 작성된 체크시트로서 특정 날짜에 밸브주조 공정에서 항목별로 불량이 발생한 건수를 조사하여 정리한 것이다.

체크시트는 항상 표 형태로 작성해야만 하는 것은 아니다. 작성 목적에 따라 그림 F.2와 같이 제품의 형태를 그림으로 나타낸 다음 각 위치별로 불량발생 현황을 체크할 수도 있다(회로판에 100개 이상의 부품을 올려놓고 웨이브뎀질을 통해 납땜을 하는 공정에서 회로판 모양의 체크시트에 결점 발생위치와 유형을 표시한 것이다. 그림에서 회로판의 양쪽 끝단에 결점이 빈번하게 발생하고 있음을 알 수 있다. 이 부분은 회로판을 손으로 집는 부위로서 이와 같은 그림 형식의 체크시트는 불량 발생의 원인을 진단하는 실마리를 제공할 수 있다).

항목	체크	계
가스불량	### ### ### ### ### ### //	32
모래혼입불량	### ### ### /	16
모양불량	### ### ### //	17
탕회불량	////	4
기타	### ###	10
	합계	79

그림 F.1 불량항목별 체크시트

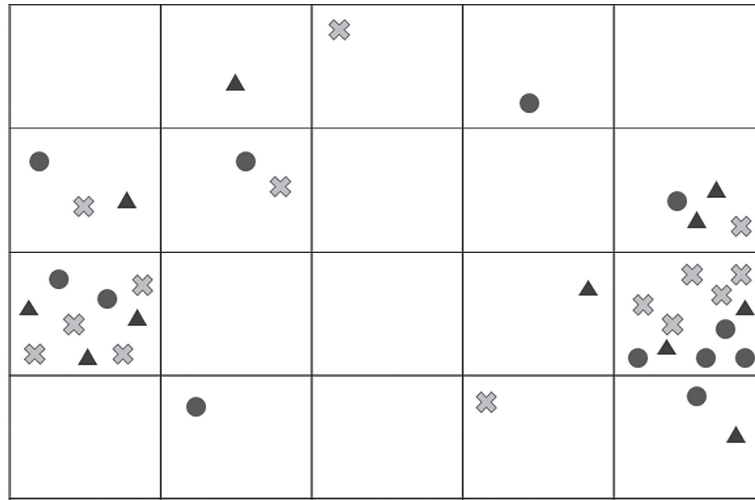


그림 F.2 불량발생위치를 나타내는 체크시트

F.2 | 히스토그램

히스토그램은 길이, 무게, 시간, 강도 등 계량치 데이터의 분포를 한눈에 파악할 수 있도록 해 주는 그림이다. 품질관리의 목적은 중요 품질특성에 변동을 유발하는 요인을 찾아내어 적절한 조치를 취함으로써 품질변동을 줄이고 좋은 품질수준이 유지되도록 하는 것이다. 그러기 위해서는 품질특성의 분포를 파악하여야 하며 히스토그램은 이와 같은 목적을 달성하기 위해 산업현장에서 매우 빈번하게 사용되는 도구이다.

계량치 데이터의 분포를 파악하기 위해서는 전체 데이터의 범위를 적절한 크기의 구간, 즉 계급으로 나누어 각 계급 내에 몇 개의 데이터가 속해 있는지 조사하는 과정이 선행되어야 한다. 이와 같이 데이터 범위를 적절한 계급으로 나누어 각 계급에 속한 데이터의 수를 표로 나타낸 것을 도수분포표라고 한다.

히스토그램의 작성을 위해서는 가능하면 100개 이상의 계량치 데이터가 있어야 한다. 표 F.1은 어떤 식품회사에서 생산하는 통조림제품 내용물의 덩량을 측정하여 얻어진 데이터이다. 내용량 200g을 보증하기 위하여 평균 4g 정도의 덩량을 더 넣고 있다. 이 데이터를 이용하여 도수분포표와 히스토그램을 작성해보자.

표 F.1 통조림 덩량

3.4	4.2	4.9	4.1	4.4	4.0	5.5	3.1	2.8	1.2	3.0	3.4	6.1	2.1	5.4	2.4	5.6	4.8	3.7	4.5
3.1	3.4	4.7	3.1	3.7	4.3	2.6	4.0	5.7	6.0	4.3	5.0	3.8	4.5	2.0	4.1	7.2	3.4	4.6	2.6
3.3	2.9	3.7	4.9	2.7	3.2	5.7	5.5	3.7	2.9	3.4	2.4	6.1	3.1	5.6	4.0	2.9	5.6	5.0	5.2
4.8	4.9	3.0	1.9	6.8	2.4	3.3	3.9	2.3	4.1	5.5	5.0	3.5	4.8	3.0	2.8	4.6	3.7	2.7	2.8
6.2	3.2	0.5	3.4	4.1	5.3	6.3	4.8	4.2	5.0	2.5	5.4	5.8	1.2	3.9	2.3	2.9	5.8	3.7	3.8
5.4	4.7	5.3	3.0	3.5	3.3	3.6	5.2	2.3	2.5	3.1	4.9	2.5	5.1	6.1	5.4	5.3	2.6	4.8	2.6
6.0	4.4	2.5	2.2	5.4	2.2	5.9	3.7	4.3	4.5	5.2	3.4	2.5	4.7	3.7	1.5	3.1	2.6	2.5	4.8
4.5	5.5	2.9	3.5	5.9	6.9	3.7	3.0	4.0	5.9	3.0	4.0	6.2	3.3	3.8	5.2	4.0	4.6	5.3	5.5
2.7	3.2	2.5	3.9	2.1	6.0	1.2	4.0	4.2	2.8	4.9	2.8	3.9	4.7	3.9	2.6	3.2	4.8	1.0	5.7
2.8	2.1	1.5	2.7	3.9	3.9	6.6	1.5	3.7	3.2	3.3	3.9	3.0	4.4	3.7	4.1	5.8	2.4	4.4	4.7

1단계. 계급수의 결정

도수분포표를 작성하기 위해서는 먼저 계급의 수를 정해주어야 한다. 이때 계급 수가 너무 크면 데이터의 전반적인 분포형태를 파악하기 힘들고 너무 작으면 분포형태가 모호해지므로 적절한 크기의 계급 수를 정해주어야 한다. 계급 수는 정답이 하나로 정해져 있는 것은 아니므로 표 F.2을 참고하여 데이터 수에 따라 작성자의 판단으로 정한다. 여기서는 계급 수를 10으로 하여 도수분포표를 작성해보기로 한다.

표 F.2 계급 수의 결정

데이터 수	계급 수
50 미만	5~7
50 이상 100 미만	6~10
100 이상 250 미만	7~12
250 이상	10~20

2단계. 범위의 계산

다음으로 계급의 경계치를 정해주기 위하여 데이터의 최솟값과 최댓값을 찾고 범위를 계산한다. 표 F.1의 데이터로부터 최솟값 0.5, 최댓값 7.2이므로 범위는

$$R=7.2-0.5=6.7$$

이다.

3단계. 계급 폭의 계산

계급의 폭은 범위를 계급수로 나눈 후 원 데이터와 끝자리 수가 일치하도록 올림하여 구한다. 이 예의 경우 $6.7/10=0.67$ 이므로 계급 폭은 소수점 첫 자리로 맞추어 올림하여 0.7이다.

4단계. 계급 경계치의 계산

먼저 첫 계급의 하한 경계치를

$$a = (\text{최솟값}) - \frac{(\text{계급폭}) \times (\text{계급수}) - \text{범위}}{2} \quad (\text{F.1})$$

와 같이 계산한 다음, 이후의 계급 경계치는 이 값에 계급 폭만큼 순차적으로 더하면서 결정해 주면 된다. 이 예의 경우 첫 계급의 하한 경계치는

$$a = 0.5 - \frac{(0.7) \times (10) - 6.7}{2} = 0.35$$

가 된다.

5단계. 도수 및 상대 도수의 결정과 도수분포표 작성

원 데이터를 검토하여 각 계급에 속한 데이터의 수, 즉 도수를 조사한다. 상대 도수는 각 계급의 도수를 전체 데이터 수로 나누어 구한다. 표 F.3이 도수분포표이다.

표 F.3 도수분포표

계급번호	계급 구간	중앙값	도수	상대 도수
1	0.35 ~ 1.05	0.7	2	0.010
2	1.05 ~ 1.75	1.4	6	0.030
3	1.75 ~ 2.45	2.1	14	0.070
4	2.45 ~ 3.15	2.8	41	0.205
5	3.15 ~ 3.85	3.5	35	0.175
6	3.85 ~ 4.55	4.2	34	0.170
7	4.55 ~ 5.25	4.9	29	0.145
8	5.25 ~ 5.95	5.6	26	0.130
9	5.95 ~ 6.65	6.3	10	0.050
10	6.65 ~ 7.35	7.0	3	0.015

6단계. 히스토그램의 작성

히스토그램은 표 F.3의 도수분포표를 그림 F.3과 같은 막대그래프로 나타낸 것이다.

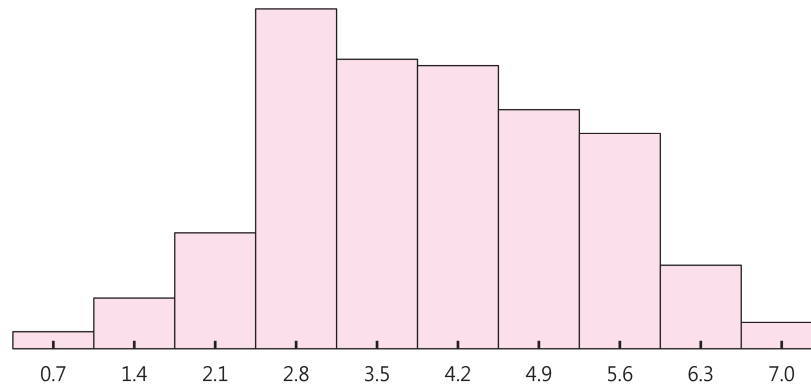


그림 F.3 히스토그램

7단계. 히스토그램의 해석

히스토그램은 데이터의 중심위치와 산포 등 변동 패턴을 쉽게 파악할 수 있도록 해준다.

그림 F.4는 히스토그램을 작성했을 때 나타날 수 있는 여러 가지 모양을 보여주고 있다. (a)는 정규분포 형태에 가까운 모양으로서 일반적으로 공정이 정상적으로 잘 관리되고 있을 때 나타난다. (b)와 (c)는 품질특성이 비대칭적으로 분포하고 있을 경우에 나타나는 모양으로 공정이 정상적으로 관리되고 있을 경우에도 나타날 수 있다. (b)는 품질특성이 망대특성으로서 규격하한이 설정되어 있을 경우, (c)는 망소특성으로서 규격상한이 주어져 있을 경우에 나타날 수 있다. (d)의 절벽형은 규격을 벗어난 제품을 제거하고 얻은 데이터에서 나타나고 (e)의 이빠진 형은 많은 경우 측정시스템이 특정범위의 수치를 읽어내지 못할 경우에 발생하기 쉽다. (f)의 낙도형은 여러 작업자 중 한 명이 엉뚱하게 작업할 때 나타나고, (g)의 고원형은 여러 개의 이질적인 데이터 집단이 섞여 있을 때 나타나는 모양이다. 공정 조건이 여러 가지로 상이한 상태에서 생산이 진행될 때 공정 데이터를 수집하여 히스토그램을 작성하면 이와 같은 형태가 될 가능성이 높다. (h)의 쌍봉우리 형은 두 개의 이질적인 데이터 집단이 섞여 있을 때 나타나는 모양으로서 공정 데이터일 경우 상이한 두 가지 조건에서 생산이 진행되고 있을 경우에 나타날 수 있다.

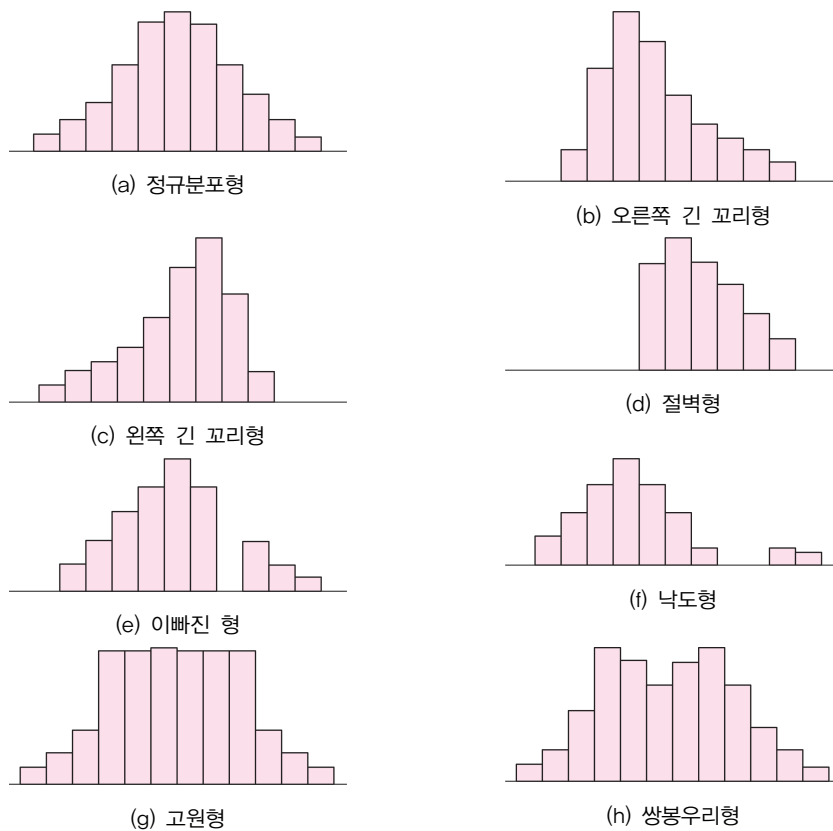


그림 F.4 여러 가지 형태의 히스토그램

히스토그램을 모양만으로 해석할 수도 있지만 규격과 대비하여 해석함으로써 중심위치와 산포상의 문제가 없는지 판단할 수도 있다. 그림 F.5는 히스토그램에 규격을 함께 그려넣은 것이다. (a)는 규격중심과 데이터의 중심위치가 거의 일치하고 산포도 적절하게 작아서 공정이 바람직하게 관리되고 있음을 알 수 있다. (b)는 데이터의 중심위치는 규격 중심에 잘 맞추어져 있으나 공정의 산포가 너무 커서 불량률이 많이 발생하고 있음을 보여준다. 이와 같은 공정은 공정변동을 줄이기 위한 개선 활동이 필요하다고 하겠다. (c)는 데이터의 중심위치가 규격 중심으로부터 많이 벗어남으로써 불량률이 많이 발생하고 있는 공정이다. 따라서 공정 셋업 시 공정조건 설정을 바르게 해줄 필요가 있다. (d)는 데이터의 중심위치도 규격중심으로부터 많이 이탈되어 있는 상태이고 산포 또한 커서 불량률이 대량으로 쏟아져 나오는 상태이다. 이와 같은 공정은 일차적으로 초기공정 설정치를 바로잡아 중심위치를 맞추어주고 다음으로 산포를 줄이기 위한 개선 활동을 추진해야 한다.

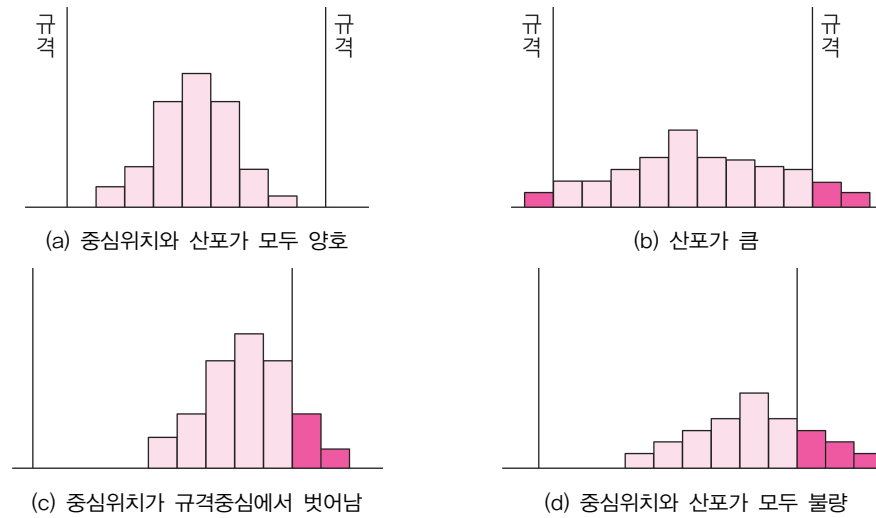


그림 F.5 규격과 대비한 히스토그램

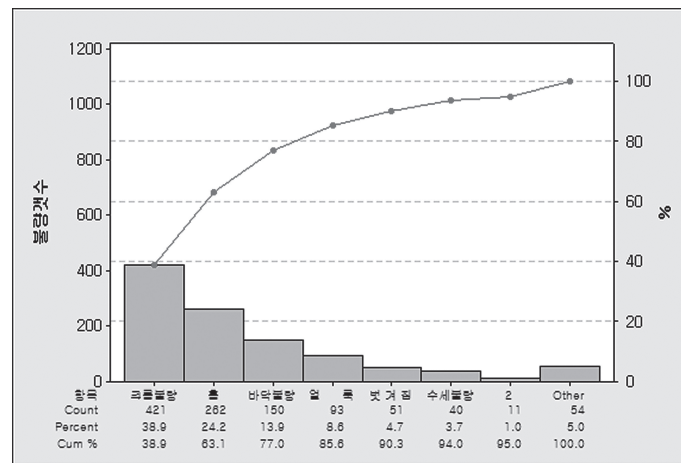
F.3 | 파레토 그림

파레토 그림은 불량품이나 결점, 클레임, 사고 등을 그 현상이나 원인별로 분류하고 이를 건수나 손실금액이 큰 항목부터 막대그래프로 나타낸 그림이다. 파레토 그림은 불량이나 문제가 집중된 항목은 무엇이며 어느 정도 집중되어 있는지를 시각적으로 파악할 수 있도록 해준다. 표 F.4는 어느 자동차 부품 도금공정의 불량발생 현황 및 그로 인한 손실금액을 항목별로 정리한 것이다. 그림 F.6과 같이 파레토 그림의 하단부에는 누적 불량 개수 혹은 누적 손실액을 기입하고 그 밑에 항목별 % 및 누적 %를 함께 기입하도록 한다. 여기에 누적 불량 개수나 누적 손실액의 변화를 꺾은선 그림으로 그려넣으면 파레토 그림이 완성된다.

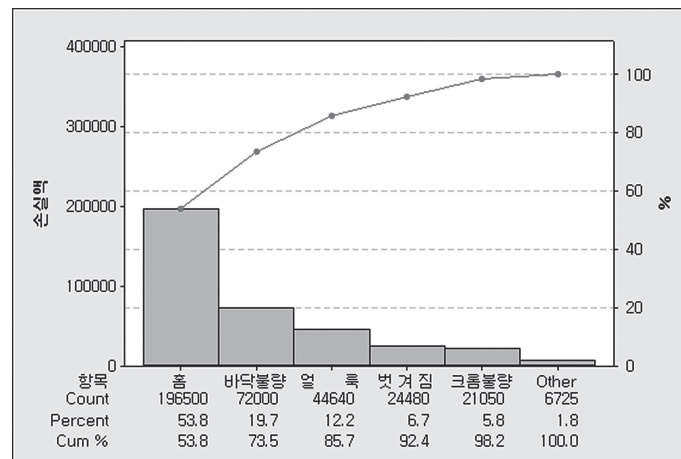
파레토 그림에 나타난 누적 불량 개수, 손실액 혹은 비율을 토대로 개선 목표를 설정하여 개선 프로젝트를 추진할 수도 있다. 그림 F.6에서 불량 개수를 기준으로 하면 크롬불량, 흠, 바닥불량이 전체 불량량의 77%를 차지한다. 손실액을 기준으로 하면 흠, 바닥불량, 얼룩이 차지하는 비중이 전체 손실의 85.7%가 된다. 이와 같이 파레토 그림은 제한된 자원(인력, 자금, 시간)으로 품질개선의 효과를 극대화하기 위해 가장 우선적으로 노력을 집중해야 할 항목이 무엇인지 선정하는 데 효과적인 도구라 할 수 있다.

표 F.4 도금공정의 항목별 불량개수 및 손실금액

불량항목	불량갯수	1개당 재가공비(원)	재가공으로 인한 손실금액(원)
크롬불량	421	50	21,050
흠	262	750	196,500
바닥불량	150	480	72,000
얼룩	93	480	44,640
벗겨짐	51	480	24,480
수세불량	40	30	1,200
기타	65	평균 85	5,525



(a) 불량개수 기준



(b) 손실액 기준

그림 F.6 파레토 그림

불량현상이나 원인은 무수히 많이 있을 수 있지만 실제 발생하는 불량 건수나 손실액의 대부분은 이 중 극히 적은 수의 항목에 기인된다는 경험적 원리를 파레토 법칙이라 한다. 파레토 법칙은 효과적인 문제해결을 위해서는 다수의 경미한 항목(trivial many)보다 소수의 중요 항목(vital few)에 대해 중점적으로 조치를 취해야 함을 가르쳐준다. 파레토 그림은 파레토 법칙에 근거한 그림으로 문제 발생현황을 파악하고 중점 관리항목을 식별하거나 개선 프로젝트를 선정하는 데 사용될 수 있다.

파레토 그림의 가로축이 될 분류항목으로는 불량항목, 결점내용, 공정, 기계, 재료, 치공구, 작업자, 작업방법, 작업 시간대 등 여러 가지가 있을 수 있고, 이에 대한 세로축으로는 손실금액, 인건비 등의 금액; 불량건수, 결점 수, 반품 건수 등의 품질척도; 작업시간, 고장시간 등 시간; 사고 건수, 종업원 사기와 관계된 결근률이나 제안건수 등 기타 여러 가지가 있을 수 있다. 가급적이면 이를 금액으로 환산하여 표시하는 것이 좋다.

한편, 파레토 그림은 개선 전후의 그림을 나란히 작성하여 비교함으로써 개선효과를 시각적으로 파악하는 데 사용할 수도 있다. 그림 F.7은 작업시간을 기준으로 단위공정별로 개선 전후의 파레토 그림을 나란히 작성하여 개선효과를 파악해본 것이다. 그림 F.7(a)에 의거 밸브정비시간 단축을 개선 과제로 하여 활동을 한 후 다시 데이터를 수집하여 파레토 그림을 작성한 것이 그림 F.7(b)이다. 이 두 그림을 비교해보면 개선 후 시간을 많이 차지하는 공정은 연료장전으로서 밸브정비는 여섯 번째로 밀린 것을 알 수 있다. 이와 함께 총 공정시간도 약 11% 정도 감소하였음을 알 수 있다.

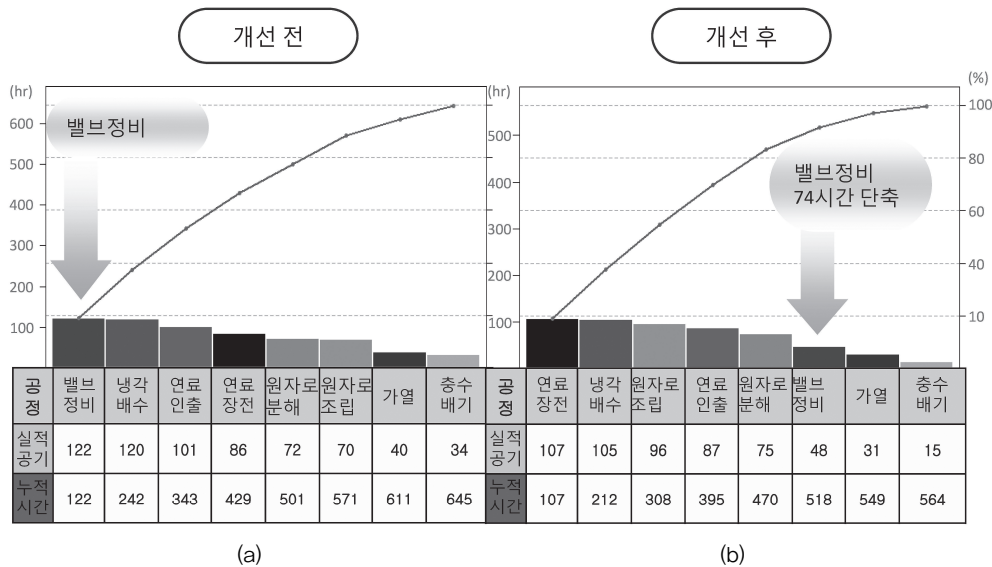


그림 F.7 개선 전후의 파레토 그림

특성요인도

특성요인도(cause and effect diagram)는 일본의 이시카와 가오루가 고안한 그림으로 생선뼈와 비슷하게 생겨 생선뼈 그림(fishbone diagram)이라고도 불리는데, 요인들 및 특성 간의 체계적 인과관계를 체계적으로 정리한 그림이다. 여기서 특성은 일의 결과(effect)로 나타나는 것으로서 품질, 원가, 납기, 생산량, 안전상황 등이 될 수 있고, 요인(cause)은 특성에 영향을 미치는 원인에 해당되는 것으로 작업자(man), 원자재(material), 장비(machine), 작업방법(method), 측정(measurement), 작업환경(environment) 등의 범주에 속하는 세부 원인들이 될 수 있다. 그림 F.8은 웨이퍼 가공용 휠의 수명에 영향을 미치는 원인들을 특성요인도로 작성한 것이다.

특성에 영향을 주는 요인들을 빠뜨리지 않고 파악하기 위해서는 관련된 여러 사람들의 의견을 종합하여 정리하는 것이 좋다. 따라서 특성요인도를 작성할 때에는 문제에 직접 관련된 사람이 모두 참여하여 브레인스토밍(brainstorming)을 하면서 작성하도록 한다. 개선 프로젝트를 진행하는 과정에서 개선 팀원 모두 모여서 진행한다면 빠진 요인 없이 정리할 수 있을 뿐 아니라 작성 과정을 통해 특성과 요인의 관계에 대해 이해를 공유하는 좋은 기회가 되고 개선의 실마리

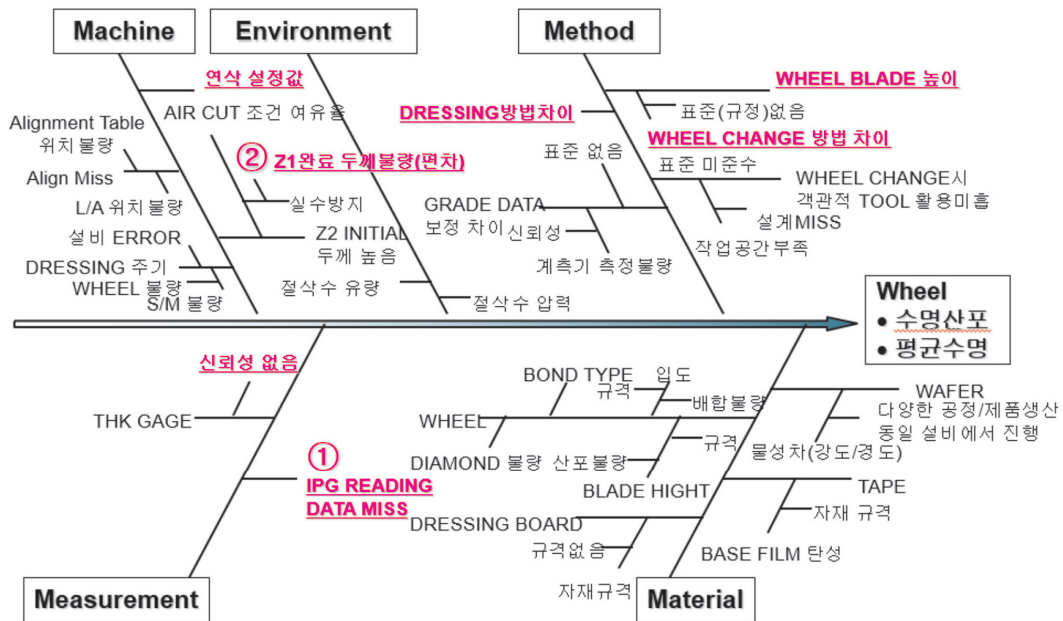


그림 F.8 특성요인도

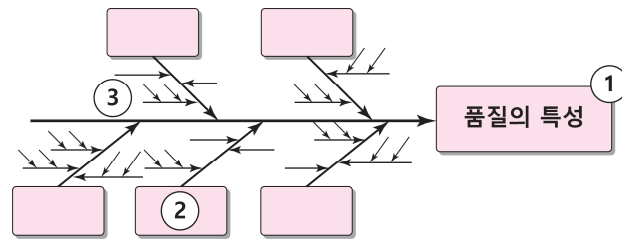


그림 F.9 특성요인도의 작성순서

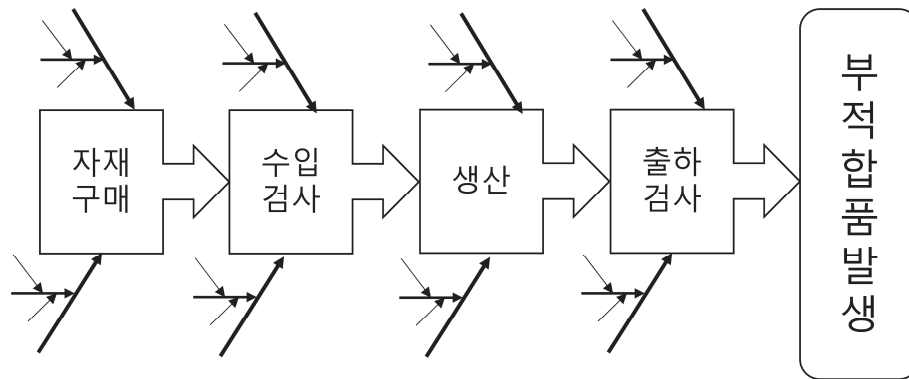


그림 F.10 생산 공정분류형 특성요인도

를 찾는 기초가 되기도 한다.

특성요인도의 작성은 그림 F.9의 ①과 같이 먼저 특성을 정하여 가장 우측의 네모 속에 기입하고 굵은 가로축 화살표를 긋는 작업부터 시작한다. 특성에는 치수, 불량률, 수율 등 품질에 관련된 특성들; 비용, 능률, 공수, 생산성 등 원가에 관련된 특성들; 소요시간, 생산량, 배송 시간, 납기 등 납기 관련 특성들과 안전이나 환경 등의 기타 특성들이 있을 수 있다. 다음 순서는 굵은 가지 화살표를 가로축으로 긋고 작업자, 원자재, 장비, 작업방법, 측정, 작업환경 등의 큰 범주 요인을 가지 끝의 네모 속에 ②와 같이 기입하는 것이다. 다음으로 각 범주별로 세부요인들을 계층에 따라 ③과 같이 기입하고 화살표로 상위 가지에 연결한다.

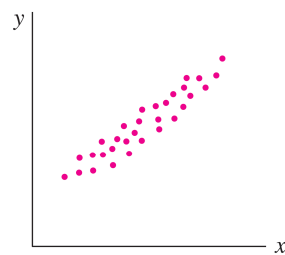
앞의 설명과 같이 특성의 변동에 영향을 미치는 요인들을 체계적으로 조사하여 작성된 것을 변동 분석형 특성요인도라 한다. 이외에도 그림 F.10와 같이 생산 공정의 순서를 따라서 작성된 생산 공정분류형 특성요인도도 있다. 어떤 유형이 좋은가는 작성하는 목적과 어느 것이 더 능률적인가에 따라 다르다고 하겠다.

F.5 | 산점도

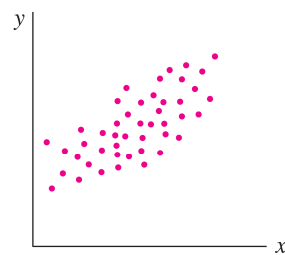
산점도(scatter diagram)는 부품이나 제품 혹은 어떤 개체와 관련된 두 가지 특성을 측정한 변수 x 와 y 가 있을 때, 이 두 변수 간의 관계를 파악하기 위한 그림이다. 예를 들어 어떤 소재에 대해 특정성분의 함량 x 와 경도 y 를 측정한 데이터가 있다면 그림 F.11과 같이 산점도를 작성하여 그 모양에 따라 두 변수의 관계를 판단할 수 있을 것이다.

산점도를 작성하여 한 변수의 증감 방향이 다른 변수의 증감 방향과 같다면 양의 상관, 반대 방향이라면 음의 상관, 전체적으로 둥근 모양이라 증감방향을 판단할 수 없다면 무상관이라 한다. 그 밖에 두 변수의 관계가 곡선관계이면 산점도의 형태도 곡선모양으로 나타나게 된다. 두 변수의 관계를 파악할 때 그림 F.12와 같이 각 변수의 관측데이터로부터 구한 중앙값에 해당하는 선을 기입하여 이 선으로 분할되는 각 사분면에 속한 점의 수를 토대로 판단할 수도 있다. 만약 I, III 사분면에 점이 많이 몰려 있고 II, IV 사분면에 점들이 적다면 이는 양의 상관관계가 있음을 의미한다. 반대로 I, III 사분면에 점들이 적고 II, IV 사분면에 점들이 많다면 음의 상관관계가 있음을 의미한다.

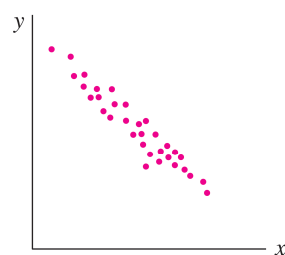
산점도를 작성할 때는 각 변수의 관측값으로부터 최솟값과 최댓값을 먼저 구하여 점이 찍히



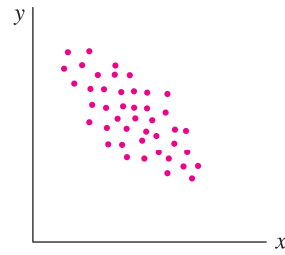
(a) 양의 상관관계



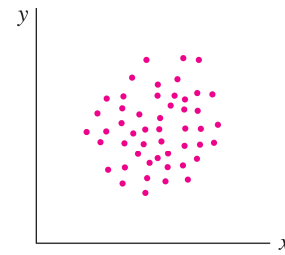
(b) 양의 상관관계가 있어 보임



(c) 음의 상관관계



(d) 음의 상관관계가 있어 보임



(e) 상관관계가 없음

그림 F.11 여러 가지 형태의 산점도

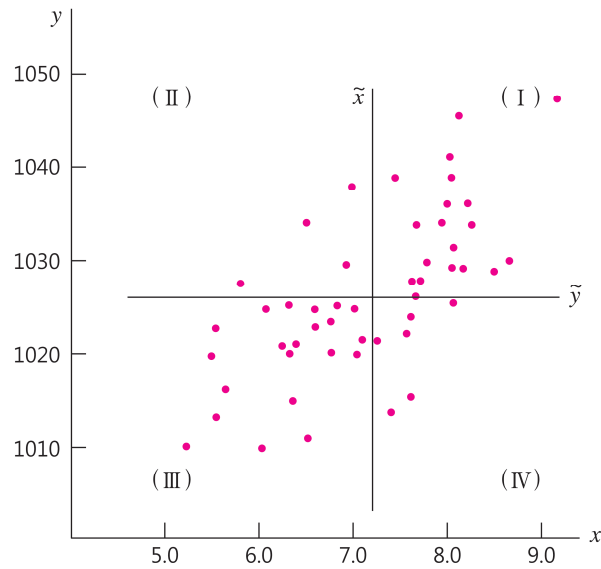


그림 F.12 중앙값 선이 기입된 산점도

는 범위가 그래프의 가로축이나 세로축의 길이와 엇비슷하게 되도록 축의 눈금을 정해주어 전체 그림의 모양이 한쪽 구석으로 치우쳐 나타나지 않도록 하는 것이 좋다.

F.6 | 층별

층별은 이질적인 집단을 동질적인 여러 하위 집단으로 나누어 그림이나 표를 작성하는 것을 의미하므로 독자적인 그림이나 표가 따로 있는 것은 아니다. 예로서 그림 F.13은 유형별 결점 발생 건수를 장비, 작업자, 요일 및 시간대별로 층별하여 수집하여 작성된 체크시트이다. 이와 같이 층별을 해보면 장비 1에서 결함이 많이 발생하고 있고 작업자 B와 F가 결함을 많이 내고 있으므로 조치가 필요하다는 것을 알 수 있다. 또 요일별로는 월요일 오전과 금요일 오후에 결함이 많이 발생한다는 것을 알 수 있으므로 그 원인을 조사하고 대책을 강구할 필요가 있다고 하겠다.

그림 F.14는 두 특성을 관측하여 작성한 산점도에서 장비 간의 차이를 무시한 채 층별을 하지 않고 작성한 경우와 층별 후 장비별로 다른 기호를 사용하여 작성한 경우를 대조하여 비교하

장비	작업자	월		화		수		목		금		토		일		계		
		오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후	오전	오후	소계	합계	
1	A	▲	~	▲							▲	~			~	●	14	
	B	▲	~	▲		▲	~				▲	~	●	●	▲	~	●	23
2	C	▲											~					4
	D	▲	~				~											3
3	E				⊗							~						2
	F	⊗	●	●	⊗	●	~	●	●	⊗	⊗	~	●	⊗	●			25
4	G					~			▲			⊗						4
	H	~	●						~					~				4
	소계	15	6	5	1	5	2	1	6	2	13	7	7	5	4			79
	합계	21		6		7		7		15		14		9				

그림 F.13 층별한 체크시트

고 있다. 층별하지 않은 산점도에서는 두 특성 간의 관계가 뚜렷하게 나타나지 않지만 층별한 산점도에서 기호별로 살펴보면 양의 관계가 선명하게 드러난다.

이와 같이 층별을 하게 되면 문제의 현상이나 원인과 관련하여 사실을 보다 선명하게 파악할 수 있다. 그래서 그림이나 표를 작성할 때 되도록 다양한 기준으로 층별할 것을 권장한다. 그렇

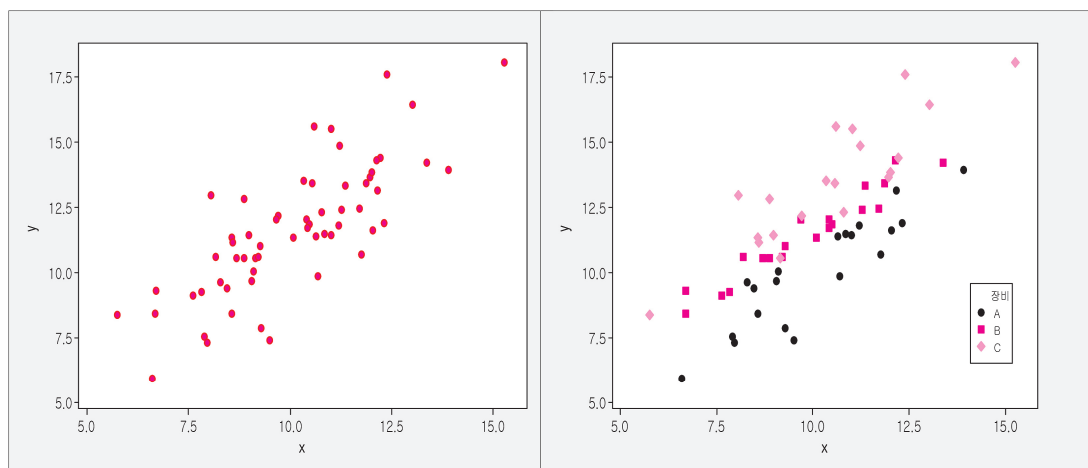


그림 F.14 산점도에서의 층별

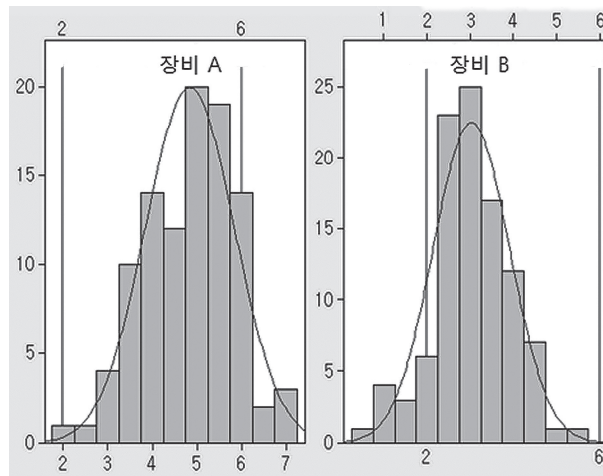


그림 F.15 히스토그램에서의 층별

다고 항상 모든 항목에 대해 다 층별해야 하는가 하면 꼭 그렇지는 않다. 층별을 많이 할 경우 그림이나 표가 복잡해져서 전체적인 형태의 파악이 오히려 어려워질 수도 있으므로 불필요한 층별은 안 하는 것이 좋다. 층별이 필요할 경우는 해당 항목의 조건이 달라지면 분석하고자 하는 특성이 다르게 될 가능성이 있다고 판단될 경우이다.

한 가지 예를 더 들어보자. 표 F.1의 데이터는 사실은 두 대의 충전 장비 A, B로 내용물을 채우는 공정에서 얻어진 데이터이다. 덩량의 규격은 4 ± 2 g으로 그림 F.3에 규격을 기입해보면 불량률이 상당히 발생하고 있음을 알 수 있다. 이 데이터를 장비별로 분류하여 히스토그램을 작성하고 규격을 기입한 결과가 그림 F.15와 같다. 그림에서 장비 A는 충전 목표치가 조금 높게, 장비 B는 조금 낮게 설정되어 있으므로 충전 목표치 설정만 조정해도 어느 정도 개선을 기대할 수 있음을 알 수 있다.

F.7 | 기타 각종 그래프

품질데이터를 분석하기 위해 자주 사용되는 체크시트, 히스토그램, 파레토 그림, 특성요인도, 산점도 등은 별도의 도구로 소개하였다. 그 밖에도 데이터 분석을 위해 사용되는 그래프들로서 막대그래프, 꺾은선그래프, 원그래프, 피그래프, 상자그림 등 여러 가지가 있다. 경우에 따라서

표 F.5 장비 유형별 생산수량과 수리건수

장비유형 \ 내용	생산수량	수리건수
A형	5,510	513
B형	1,903	224
C형	4,322	429
D형	3,115	483

는 기존에 나와 있는 것과는 다른 형태의 그래프를 새로이 고안해서 사용할 수도 있다. 데이터 분석을 위해 보다 효과적으로 사용될 수 있다면 아무런 제약 없이 그림을 고안할 수 있다.

표 F.5는 어느 공장에서 장비 유형별로 생산수량 및 수리건수를 조사한 것이다. 이 데이터를 이용하여 여러 가지 그래프를 작성하여 비교해보도록 하자.

먼저 막대그래프는 항목별로 크기를 비교하는 데 사용된다. 그러나 같은 막대그래프라 하더라도 그리는 방식에 따라 보다 정보제공능력에 차이가 있을 수 있다. 그림 F.16에서 (a)보다는 (b)가 장비의 신뢰도 정보를 훨씬 더 잘 전달해준다.

그림 F.17은 똑같은 데이터를 이용하여 꺾은선그래프를 작성해본 것이다. 보통은 시간 경과에

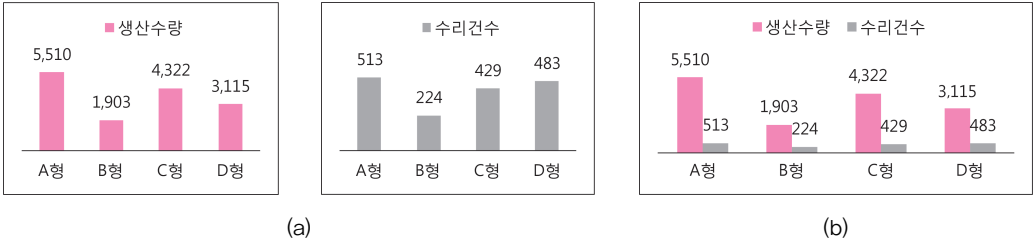
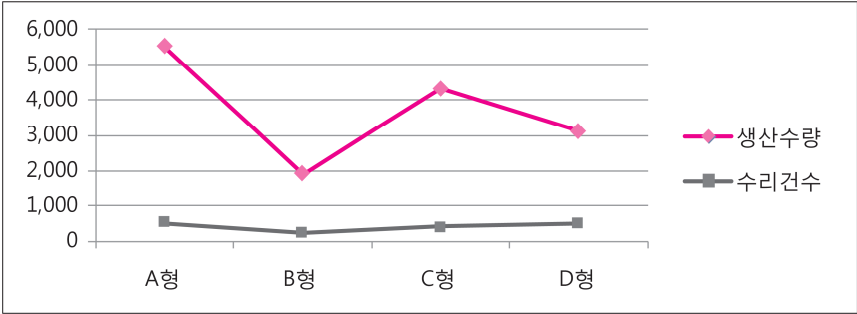


그림 F.16 막대그래프



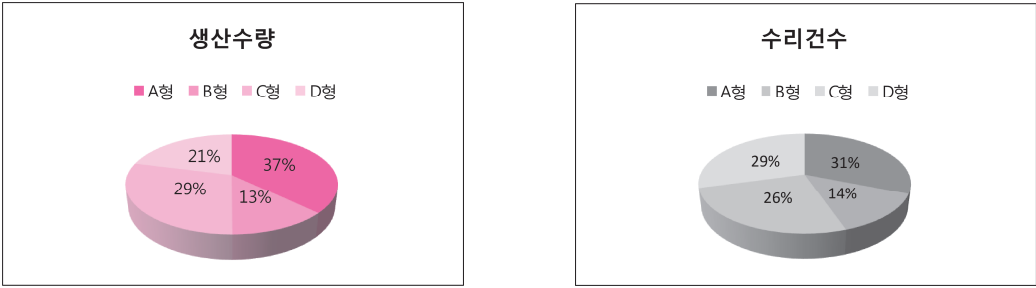


그림 F.18 원그래프

따른 변동의 추세나 위치변화에 따른 변동패턴 등을 파악하고자 할 때 꺾은선그래프가 사용된다.
그림 F.18은 같은 데이터를 원그래프로 나타낸 것이다.

S U P P L E M E N T G

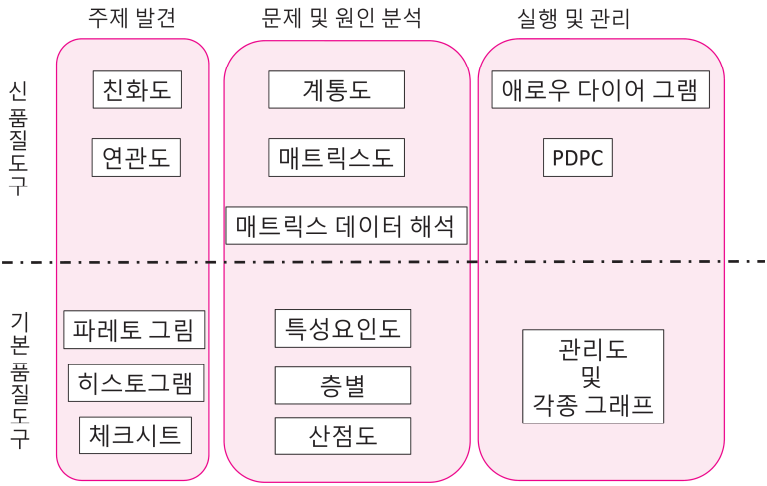


7가지 신품질도구

- G.1 친화도
- G.2 연관도
- G.3 계통도
- G.4 매트릭스도
- G.5 매트릭스 데이터 해석법
- G.6 PDPC
- G.7 애로우 다이어그램

부록 F에서 소개한 기본 품질도구는 품질 분임조 활동에서 널리 사용되는 기법으로서 특성요인도를 제외하고는 주로 데이터를 토대로 작성된다. 여기서 소개하는 신품질도구는 주로 정성적인 정보를 정리하여 아이디어 발상을 돕거나 확인사항의 누락을 방지하거나 계획이 충실하게 되도록 도와주는 기법이다. 따라서 기본 품질도구들이 품질의 개선을 위해 많이 활용된다면 신품질도구들은 PDCA 사이클의 계획(plan)단계에 많이 활용된다.

신품질도구는 친화도, 연관도, 계통도, 매트릭스도, 애로우 다이어그램, PDPC, 매트릭스 데이터 해석법의 7가지를 말하는데 이 중 애로우 다이어그램과 매트릭스 데이터 해석법을 제외하고는 모두 언어정보를 토대로 작성된다. 품질관리는 사실에 근거한 관리를 기본으로 하는데 사실을 항상 수치 데이터로 표현할 수 있는 것은 아니다. 예를 들어 자동차의 디자인이나 색상 등은 수치로 나타내기 어렵고 일상 언어로 표현하는 것이 보다 자연스러울 것이다. 이와 같이 언어로 표현된 정보를 언어정보라고 하는데, 신품질도구들은 언어정보를 그림으로 정리하는 데 효과적인 도구들이다. 그림 G.1은 기본 품질도구와 신품질도구의 관계를 보여주고 있다.



G.1 신품질도구와 기본 품질도구의 관계

G.1

친화도

친화도(affinity diagram)는 사실이나 생각이 분명히 정리되지 않은 상태에서 수집된 의견이나

사용자 요구 다양화

품질의 국제화

고품질·저가격 상품의 요구가 한층 강해지고 있다.

판매가격이나 조건이 까다로워 지고 있다.

TQC를 도입·추진하고 있는 고객이 많아지고 있다.

세계에 통용되는 품질이 요구된다.

공사량이 감소하고 있다.

해외로 일거리를 구하는 고객이 많아지고 있다.

품질활동의 다양화

신기술에 대한 서비스를 충실이 할 필요가 있다.

메카트로닉스 기술의 상품이 개발되었다.

사용현장에서의 수리가 많아지고 있다.

상담 활동의 강화가 필요하다.

기능을 보증하는 경우가 많아지고 있다.

소형화의 경향이 강해지고 있다.

제품 책임 문제

시장 성장의 정체

고신뢰도 제품 요구

설계 품질의 중요성 증가

매출 향상이 어렵다.

그림 G.2 친화도

아이디어 등의 언어정보를 친화성에 따라 통합하여 해결해야 할 문제를 명확하게 하는 기법이다. 제품 개발 초기에 고객의 요구사항을 분석하여 명확하게 하거나, 해결책을 찾기가 쉽지 않아 시간이 걸리더라도 차분하게 문제의 본질을 규명하고자 할 때 사용할 수 있다. 그림 G.2는 어느 회사의 영업부에서 판매촉진 대책 마련을 위해 판매에 영향을 주는 다양한 원인들을 조사하고 이를 친화도로 작성한 것이다.

친화도의 작성은 공통의 관심사인 주제를 선정하고 주제와 관련하여 다양하고 많은 언어정보를 수집하는 것으로부터 시작한다. 언어정보는 상황에 따라 VOC(고객의 소리) 데이터일 수도 있고, 브레인스토밍을 통해 도출된 다양한 아이디어이거나 개별적으로 카드에 독립적으로 기입하여 얻어진 정보들의 집합일 수도 있다. 각 언어정보들은 주어+서술어 형태의 간단한 문장으로 정리하여 하나의 문장을 하나의 카드에 기입한다. 기입된 카드를 다 같이 검토하면서 유사성이 있는 것끼리 묶어서 하나의 그룹으로 하고 그룹을 대표할 수 있는 문장을 정리하여 대표카드에 기입한다. 이와 같은 절차를 반복하여 상위그룹을 거쳐 주제에 이를 때까지 진행하여 완성한다.

G.2 | 연관도

연관도(relationship diagram)는 해결해야 할 문제는 정해진 상태에서 복잡하게 얽혀 있는 요인들의 인과관계를 명확하게 정리하는 기법이다. 원인과 결과 혹은 수단과 목적이 서로 복잡하게 얽혀 있을 때 이들 간의 관계를 논리적으로 연결하여 문제를 보다 분명하게 파악하고 해결하는 데 도움을 준다. 연관도는 문제점들과 요인들 간의 인과관계를 화살표로 연결하여 표시함으로써 문제의 원인을 정할 수 있게 해준다. 그림 G.4는 품질 분임조 회합에서 분임조원의 발언이 적은 이유와 관련하여 작성된 연관도이다.

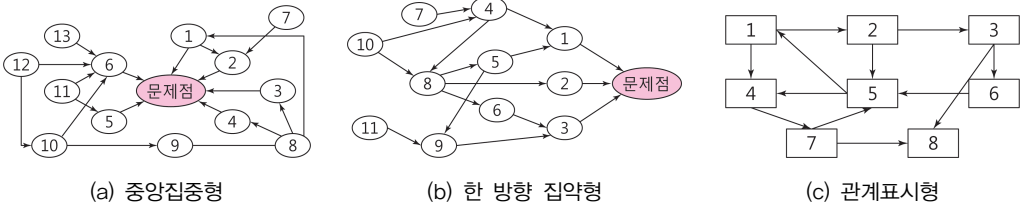


그림 G.3 연관도의 종류

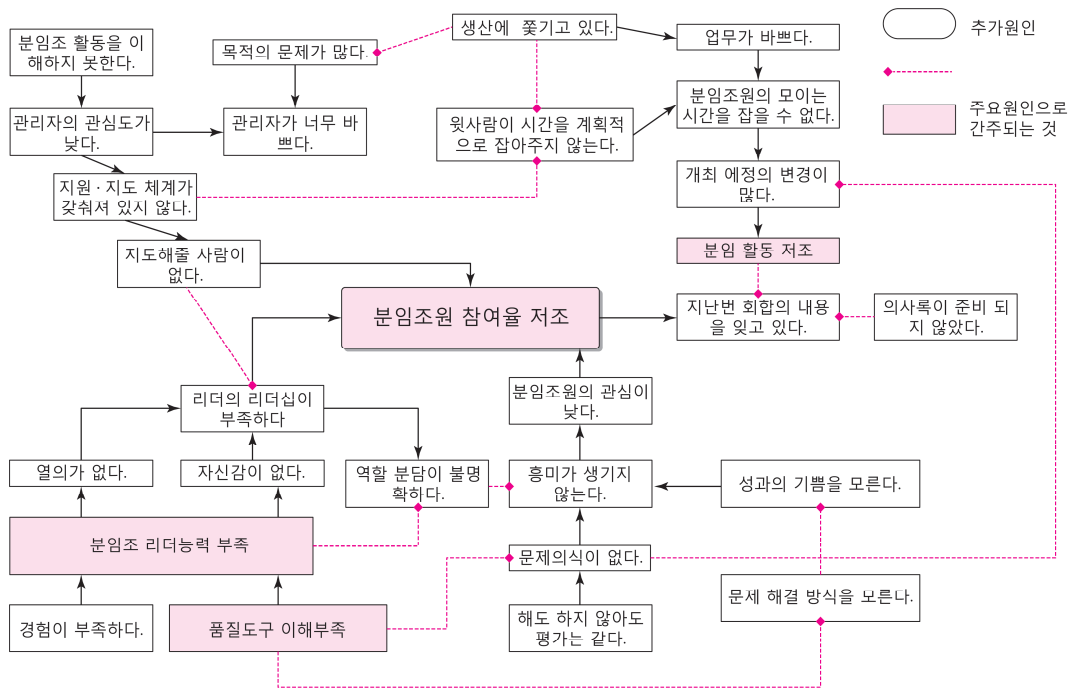


그림 G.4 연관도

연관도는 요인이나 문제 혹은 목표를 네모 혹은 타원 안에 기입하고 인과관계 혹은 수단목적 관계를 화살표로 연결하여 작성한다. 특히 달성하고자 하는 목표나 해결하고자 하는 문제는 네모나 타원을 겹으로 그려 일반 요인보다 돋보이도록 한다. 연관도는 그림 G.3에서 보듯이 편에 따라 중앙집중형, 한 방향 집약형, 관계표시형 중 선택하여 작성할 수 있다.

G.3 | 계통도

계통도(tree diagram)는 목적을 달성하기 위한 수단을 트리 형태로 정리함으로써 문제해결을 위해 가장 나은 방법을 정하는 방법이다. 계통도는 목적에 대한 수단을 상위 수단으로부터 최하위 수단에 이르기까지 순차적으로 구체화하면서 작성한다. 최하위 수단의 우측에는 수단별 중요도 평가, 역할 분담, 상세 실시 사항, 실시 기한 등을 추가하여 기입할 수 있다. 계통도는 신제품

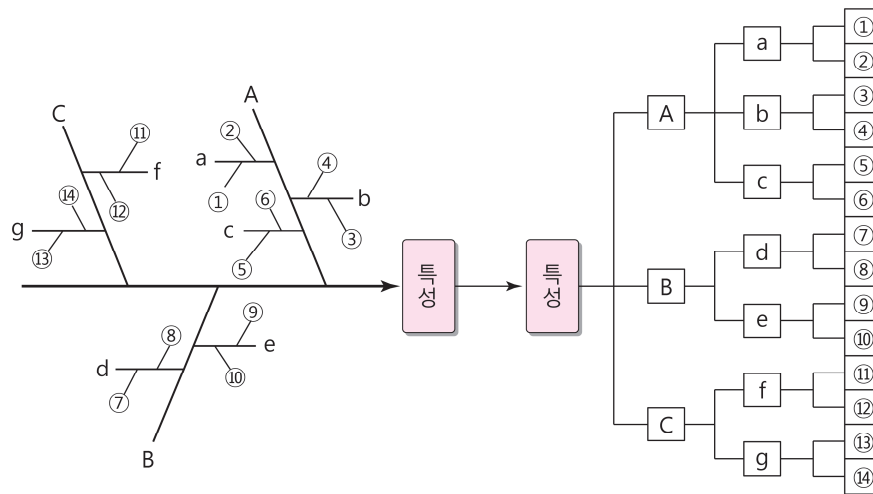


그림 G.5 특성요인도와 계통도

개발에서 설계품질을 전개하기 위해 사용하거나 특성요인도와 관련시켜 문제에 대한 원인을 체계적으로 규명하고 대책을 강구하고자 할 경우 등에 활용될 수 있다. 그림 G.6는 특성요인도와



그림 G.6 계통도

계통도의 관계를 보여준다.

또한, 계통도는 작성 과정에서 친화도나 연관도에서 빠뜨린 항목을 확인할 수도 있어서 이들 기법을 보완하는 의미도 있다. 그림 G.6은 해수 누설에 대한 계통도를 예시한 것이다.

G.4 매트릭스도

매트릭스도(matrix diagram)는 목적과 수단, 현상과 요인 등 둘 이상의 분류 기준이 있을 때 각 분류기준의 세부 항목 간 관계를 분석하기 위한 기법이다. 매트릭스도의 형태는 L형, T형, Y형 등이 있는데 그림 G.7와 같이 분류기준별로 하나의 축을 형성한다. L형은 가장 널리 사용되는 기본적인 유형으로서 두 개의 분류기준이 있을 때 사용한다. T형은 두 개의 분류기준으로 볼 수 있는 수단이나 원인에 공통적으로 관련된 목적이나 결과에 대응되는 분류기준이 하나 있을 경우에 사용된다. 또한, Y형은 세 개의 분류기준이 있을 경우 각 분류기준별 세부항목간의 관계를 독립적으로 분석하고자 할 때 사용된다.

작성법은 각 분류기준별 항목들을 해당 축에 배치하여 항목 간의 관계가 약한 관계이면 △, 보통 관계이면 ○, 밀접한 관계이면 ◎를 해당란에 기입한다. 매트릭스도는 품질기능전개에서 고객요구사항과 대응특성의 관련성이나 대응특성과 공정관리항목의 관련성 또는 불량현상과 원인의 관련성 등을 파악하는 데 효과적이다.

그림 G.8은 사원의 의욕을 고취할 수 있는 방안을 마련할 목적으로 방책과 업무기능 두 분류

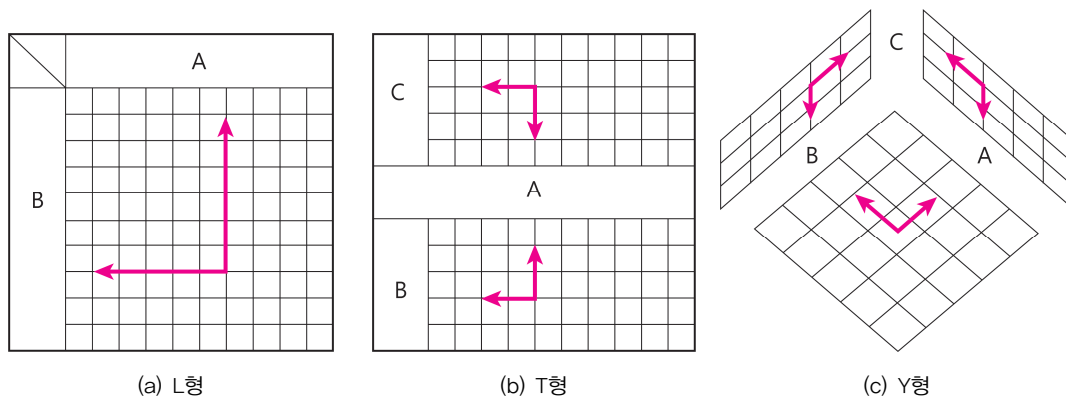


그림 G.7 매트릭스도의 유형

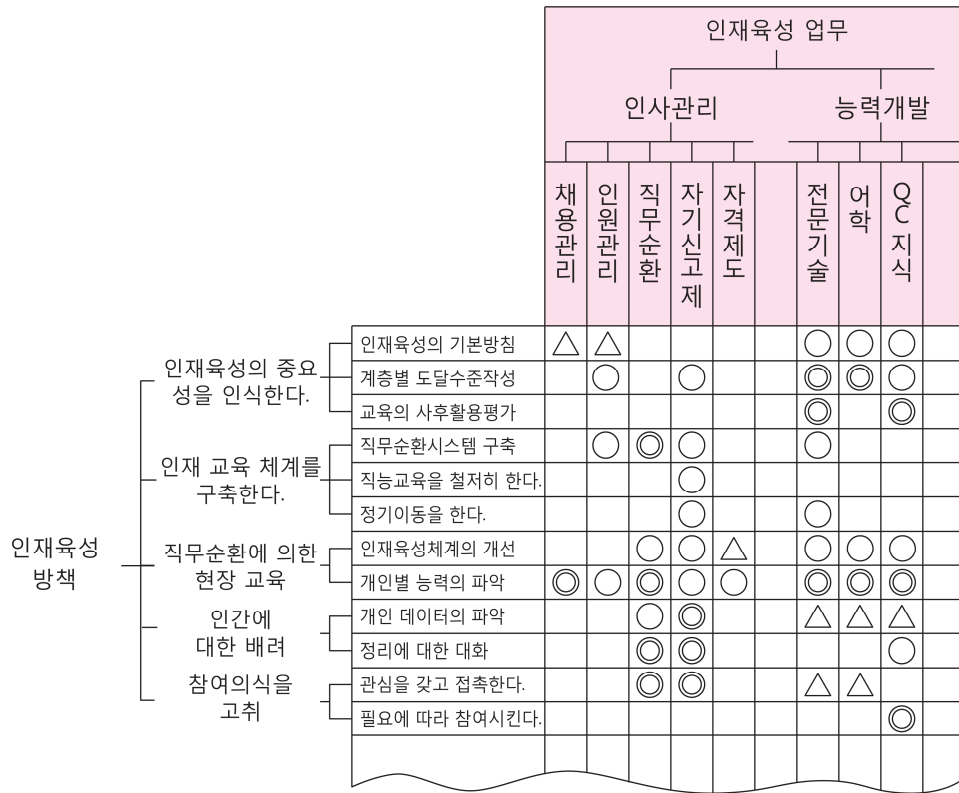


그림 G.8 인재육성 정책 및 업무 매트릭스도

기준에 대해 각 기준에 속한 항목들 간의 관계를 정리한 L형 매트릭스도이다. 예를 들어 분류기준 정책의 여러 세부항목 중에서 교육의 사후활용평가는 분류기준 업무기능의 세부항목인 전문기술과 QC지식과 매우 관련성이 높게 나타나고 있다.

G.5 | 매트릭스 데이터 해석법

매트릭스 데이터 해석법(matrix data analysis)은 매트릭스도에서 세부 항목 간의 관련성이 정량적으로 평가된 수치 데이터가 있을 경우 이를 2차원 도표로 나타내어 문제를 알아보기 쉽고 분명하게 파악할 수 있도록 도와주는 기법이다. 그림 G.9는 여러 종류의 컴퓨터 OS를 비교하기

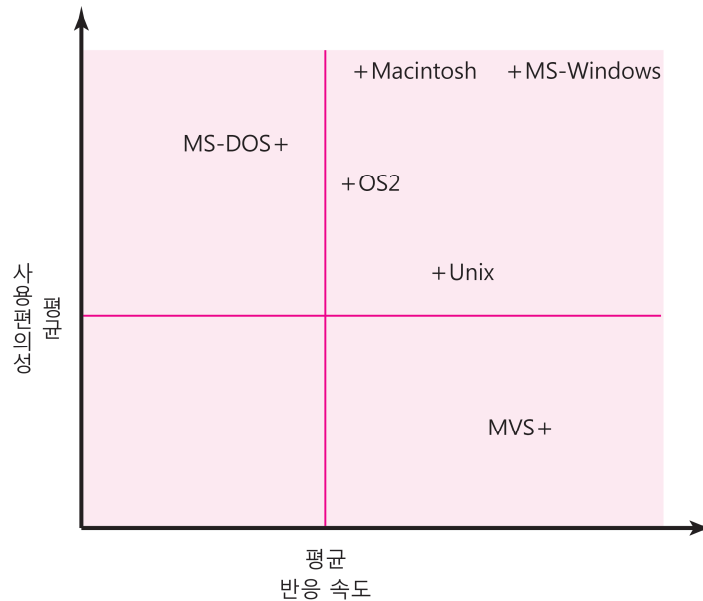


그림 G.9 매트릭스 데이터 해석법

위해 매트릭스 데이터 해석법을 적용한 것이다. 어떤 응용 소프트웨어를 개발하고자 개발환경과 성능을 분류기준으로 매트릭스도를 작성한 결과 개발환경의 세부항목인 OS 종류와 성능의 세부항목인 속도 및 사용편의성 간에 밀접한 관련성이 있을 것으로 분석되었다. 심층 분석을 위해 MS-DOS 계열, Macintosh 계열, MS-Windows 계열, OS2 계열, Unix 계열, MVS 계열 등의 OS에 대해 속도와 사용편의성에 관련된 정량적인 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터를 토대로 속도를 가로축, 사용편의성을 세로축으로 하여 각 OS 종류별로 직교좌표상의 위치를 표시하였다. 그림 G.9을 기준으로 한다면 이 응용 소프트웨어는 MS-Windows 기반으로 개발하는 것이 바람직하다고 하겠다. 그러나 이것은 설명을 위한 예시일 뿐이고 실제로는 성능 관련 항목으로 호환성, 확장성, 신뢰성 등 여러 가지를 고려해야 하고 가격 등 경제적인 측면과 서비스 등 다른 측면들도 종합적으로 고려해서 OS를 선택해야 한다.

매트릭스 데이터 해석법은 신품질도구 중 유일하게 수치데이터를 분석하는 기법으로, 주로 다변량분석법에 의존하게 되지만 결과는 그림 G.9과 같은 도표로 나타낸다. 복잡하게 요인이 얽혀 있는 공정의 해석이나 다량의 데이터에서 나오는 불량요인의 해석, 시장조사 데이터에서 요구품을 파악하거나 관능특성을 체계적으로 분류하거나 복잡한 품질의 평가 등에 사용된다.

G.6 | PDPC

PDPC(Process Decision Program Chart)는 추진하고자 하는 프로젝트나 방책을 실행하는 과정에서 사태의 진전에 따라 여러 가지 발생 가능한 상황을 예측하여 이에 대한 대비책을 빠짐없이 마련함으로써 프로세스의 진행을 가장 바람직한 방향으로 이끌어가기 위한 방법이다. 그림 G.10는 밸브 정비 작업 중 균열에 의해 배관이 파손될 수 있는 상황을 가정하고 이를 방지하기 위한 대책을 PDPC로 점검한 과정이다.

PDPC는 실행 계획이 당초 예상대로 진행되지 않거나 예상치 못한 문제로 중대한 사고에 이르는 것을 방지하고 무난히 목적을 달성할 수 있도록 도와주는 도구이다. 또한 프로세스의 진행 과정에서 생각지 못한 문제가 발생하였을 경우 그 시점을 기점으로 하여 가능한 한 신속하게 목표를 향해 궤도를 수정하기 위한 수단으로 사용된다.

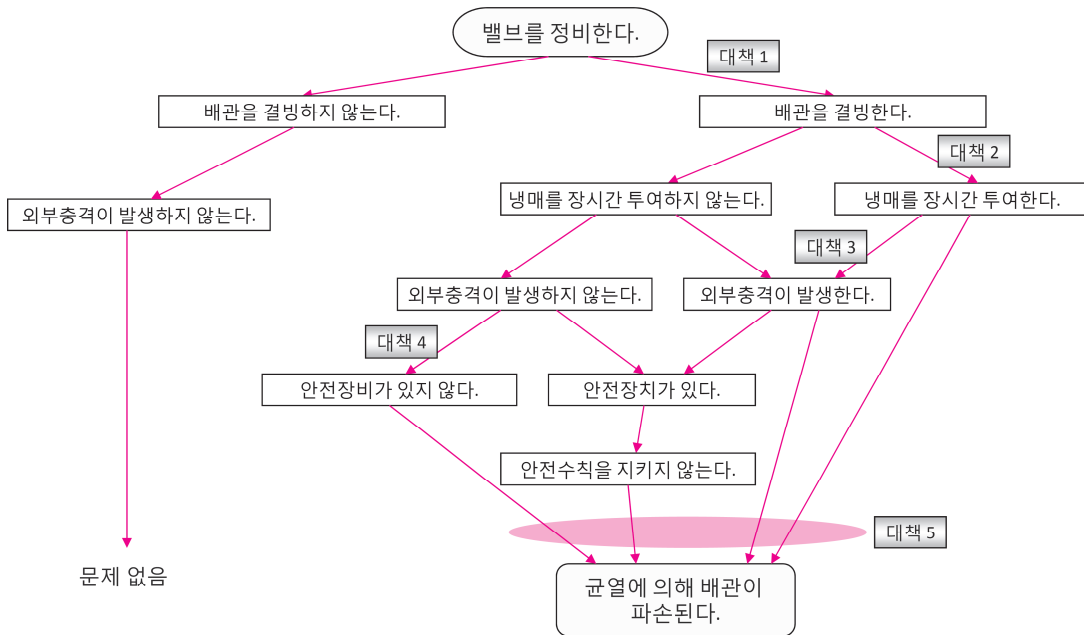


그림 G.10 PDPC

G.7 | 애로우 다이어그램

애로우 다이어그램(arrow diagram)은 어떤 임무를 완수하거나 목표를 달성하기 위해서 여러 가지 활동이나 단계를 거쳐야 할 경우 필요한 활동들의 선후관계를 네트워크로 표현하고 그 일정을 효율적으로 관리할 수 있는 기법이다. 애로우 다이어그램은 여러 가지 복잡하게 얽힌 작업을 순서대로 실시하여 목적을 달성할 경우 작업순서와 시간배분 등을 그림으로 나타내어 준다. 따라서 애로우 다이어그램은 신제품의 개발계획, 제품의 납기 관리, 프로젝트의 추진과 진도 관리 등 일정의 계획과 관리에 널리 사용된다. 애로우 다이어그램을 대규모 프로젝트의 일정 관리에 사용할 수 있도록 개발한 것이 PERT(Program Evaluation and Review Technique)/CPM(Critical Path Method)이다. 그림 G.11은 주택 건축의 일정계획용으로 작성된 애로우 다이어그램의 예이다. 예에서는 기초공사-골조조립-건축자재부착-내부마무리-검사 및 인도로 이어지는 작업이 주 경로(critical path)이며 프로젝트 종료까지 총 16일이 소요된다. 만약 소요시일을 단축하고자 한다면 주 경로상의 작업을 단축해야 한다. 이때, 단축기간에 따라 주 경로가 바뀌는 것을 고려하여 단축계획을 세워야 한다.

애로우 다이어그램에서 화살표는 작업, 노드는 시작과 완료를 나타낸다. 그런데 이 두 가지 기호로 작업의 순서를 완전하게 다 표시할 수 없을 때 소요시간이 0인 가상의 작업인 더미작업을 사용하여 그림을 완성한다. 그림 G.11에서 점선으로 된 화살표는 더미작업을 의미한다.

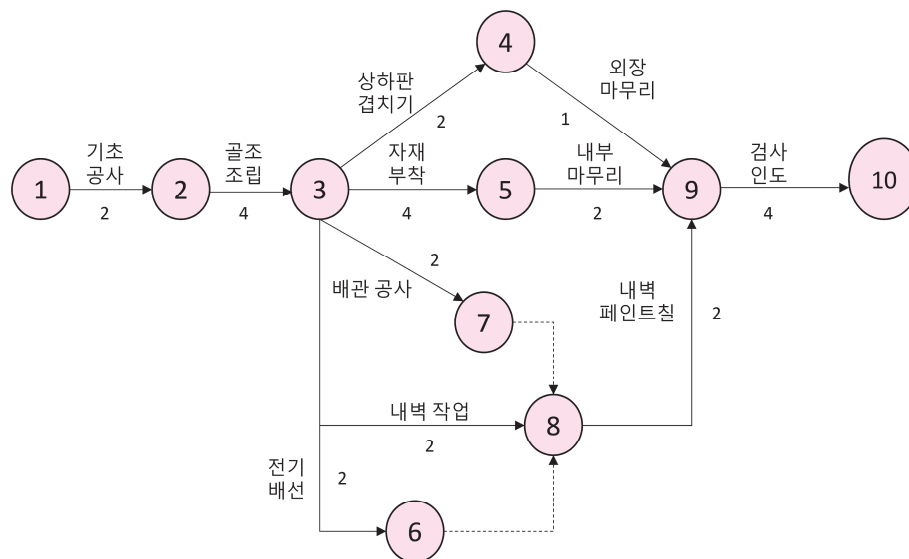


그림 G.11 애로우 다이어그램

찾아보기

ㄱ

계통도(tree diagram) 99
 고객의 소리 98
 공정산포의 불편 추정량 19
 군간 산포 19
 군내 산포 18

ㄴ

다변량 정규분포 6

ㄷ

매트릭스 데이터 해석법(matrix data analysis)
 102
 매트릭스도(matrix diagram) 101

ㄹ

불편 추정량 12
 불편화 상수 13

ㅁ

산점도(scatter diagram) 89

ㅇ

애로우 다이어그램(arrow diagram) 105
 연관도(relationship diagram) 98
 이동범위의 중앙값 28
 이변량 정규분포 7

ㅂ

주 경로(critical path) 105

ㅅ

체크시트 78

층별 90

친화도(affinity diagram) 96

ㅇ

특성요인도(cause and effect diagram) 87

ㅈ

파레토 그림 84
 평균 이동범위 24

ㅊ

합동 추정량 21
 히스토그램 79

기타

c_4 13
 d_2 15
 d_2^* 23
 d_3 15
 MSSD(Mean Square Successive Difference)
 28
 PDCA 사이클 96
 PDPC(Process Decision Program Chart)
 104
 PERT(Program Evaluation and Review
 Technique)/CPM (Critical Path Method)
 105

