Journal of the KSQC
Vol. 11, No. 1, 1983

最少費用 連続生産型 샘플링検査의 探索
—An Approach to select the lowest cost CSP-1 sampling plan(i, f)—

張 京* 申 鉉 宰**

ABSTRACT

Continuous sampling plans CSP-1(i, f)'s with which AOQL is guaranteed, can be applied to the cases in need of effective sampling without stopping the process or dividing batches during production. But the plans that can guarantee the same AOQL value are too many. Therefore we have to select one plan among them. There may be a lot of ways to choose it.

This paper connects with various sampling costs, the concept to try to detect the shift of process average under fractional inspection in CSP-1, to find a minimum cost sampling plan among several CSP-1 sampling plan alternatives (i, f)'s with the same AOQL value.

1. 序 論

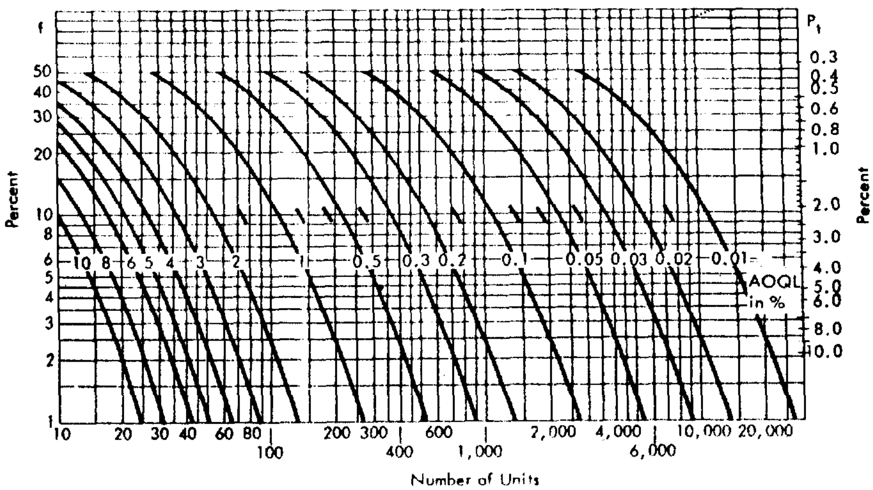
連續生産을 하는 工程에서 로트의 區分을 하지 않고 적용할 수 있는 連續生産型 샘플링 檢査는 平均出檢品質限界(AOQL) 를 保證하도록 되어 있고 그 검사방법 중 가장 기본이 되는 檢査方式인 CSP-1은 i와 f에 의해 완전히 결정이 된다.

CSP-1의 샘플링방법의 설계에서는 같은 AOQL 값을 주는 (i, f)가 여러 組合 있을 수 있는데(그림 1) 비검사율곡선(그림 2)으로 나타나는 불량율에 따른 검사의 量을 근거로, 혹은 AEDL (Hillier, 1964)[4]의 槪念을 活用함으로써, 같은 AOQL 값을 가지는 여러 CSP-1 샘플링檢査方法들 중 한 方法을 選定할 수 있다.

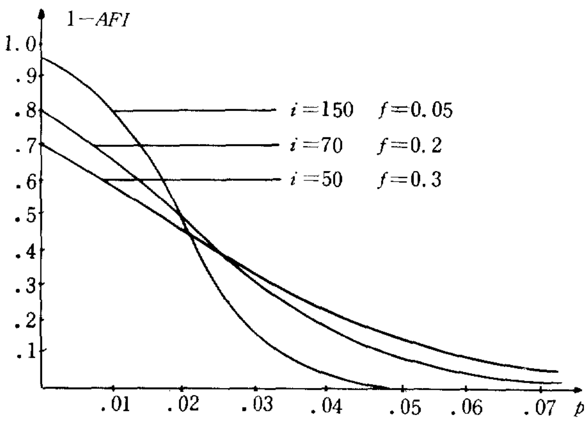
연속형 샘플링검사는 일정부분 만큼 (f)을 샘플링할 때 工程平均不良率이 샘플링검사 중 갑자기 上昇하면 첫 不良品이 發見되기까지 많은 불량품이 通過하게 되므로 理論的인 AOQ 값보다 높은 불량율을 나타내게 된다. 이러한 危險을 消費者 危險 β에 포함하여 고려한 것이 있고(윤, 1979)[7], 일반적인 생산의 관리에서 工程不良率의 變動探知에 p管理圖를 사용한 研究(Ladany, 1973)[5]가 있다.

本稿에서는 有意한 공정평균의 변동을 $\bar{X}-R$ 管理圖로써 관리한다고 하는 경우 샘플링검사에서 수반되는 諸費用을 고려하여 같은 AOQL 값을 가지는 CSP-1 샘플링검사 중에서 最低費用을 나타내는 샘플링검사(i, f)를 결정하고자 하였다.

*, ** 인천대학 공업경영학과 전임강사



(그림 1) 주어진 **AOQL**에 대해 **CSP-1** 샘플링검사(i, f)를 결정해 주는 곡선(**Duncan, p. 360**)



(그림 2) **AOQL 1%**인 검사계획들의 비검사용(**1-AFI**) (윤완철, **p. 13**)[7]

이와같은 工程平均의 變動이나 管理圖와 샘플링의 結合的 活用에 관한 硏究의 必要性을 Gibra (1975)[2] 가 지적한 바 있다.

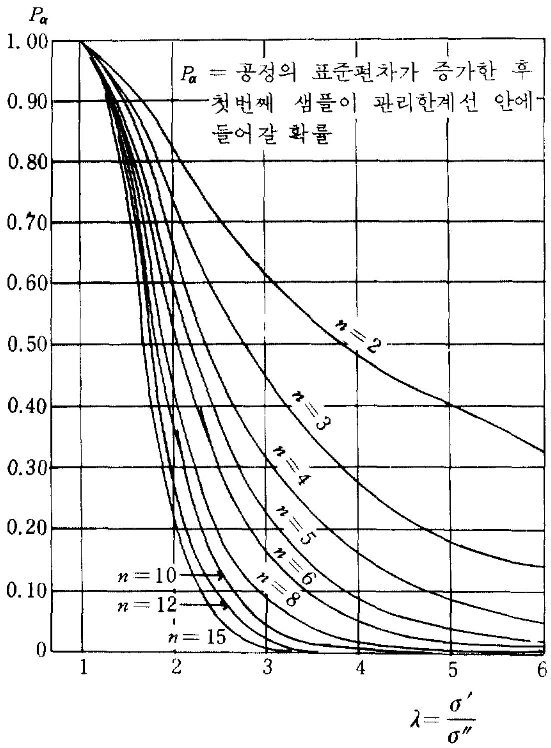
2. 工程平均의 變動의 探知

連續生産型 샘플링검사에서는 物量 i개를 各個檢査하고 그후 f만큼을 一部檢査하므로 이들 資料를 토대로 工程平均의 變動을 파악하기 위해 $\overline{X}-R$ 관리도를 병행, 활용하도록 하며 병행운영에 따른 追加費用은 無視하도록 한다.

各個檢査 때는 모든 것을 다 檢査하므로 공정평균의 변동을 파악하지 못할 위험은 없다고 보고 一部檢査 時에 랜덤하게 채취된 r번째 標本 이내로 工程平均의 變動을 파악해 낼 수 있는 信賴率을 $1-\alpha$로 設定한다. 여기서 $\overline{X}-R$관리도의 活用의 目的은 工程平均의 變動 파악, 그리고 一部檢査 f부분에서 불량품이 발견되지 않아도 $\overline{X}-R$ 관리도 상에 有意한 異常이 나타나면 各個檢査로 들어가도록 함으로써 공정평균의 변동이 일어난 후 一部檢査에서 많은 不良品이 通過하는 것을 防止하자는 것이다.

즉, 各個檢査에서 랜덤하게 채취한 試料와 一部檢査에서 나타난 시료를 취합하여 $n=\nu$의 群을 구성하여 $\overline{X}-R$ 관리도를 작성한다. 1개의 群으로 工程平均이 μ에서 μ', 그리고 σ에서 σ'으로 변동하는 것을 파악해 내지 못하는 확률은 일반적으로 管理上·下限을 생각하는 경우 $\overline{X}$관리도에서는 $p'=P(\mathrm{LCL}\le\overline{X}\le\mathrm{UCL})$이며 R관리도에서는 $p''=P\{D_3\overline{R}\le R\le D_4\overline{R}\}$이다. 후자의 확률은 $\lambda=\sigma'/\sigma''$의 比를 이용하여 구할 수도 있다(그림 3).

그러므로 $\overline{X}-R$관리도를 이용하여 工程平均의 變動을 파악하지 못할 확률은 $p'p''$이 된다.



(그림 3) 3σ 관리한계선을 가지는 R관리도의 OC곡선(김영휘, p. 327)[6]

따라서 r개의 群으로 $1-\alpha$의 信頼水準으로 工程平均의 變動을 $\bar{X}-R$ 관리도로써 파악해 낼 수 있기 위해서는 $1-(p'p'')^r = 1-\alpha$를 만족하는 最少 r개의 群이 필요하게 되며(김영휘, 1981)[6] r개의 群이 형성된다는 것은 一部檢査 時에 검사를 받은 물량과 받지 않은 물량을 모두 포함하여 $r\nu/f$개의 물량이 連續生産을 통해 흘러간 것이 된다.

여기서 공정평균의 변동이 일어난 경우 그 일어난 것을 $1-\alpha$의 신뢰율로 파악할 때까지 흘러간 물량 $r\nu/f$를 $N_{1-\alpha}$로 두고 공정평균의 변동의 파악이 늦어지는 物量 한 單位當 損失費用과 $N_{1-\alpha}$를, 費用模型에 포함시켜 같은 AOQL을 주는 CSP-1 샘플링檢査들의 平均費用을 비교하고자 한다.

따라서 이 模型은 정밀생산 하에서 工程平均의 變動이 자주 일어나면 그 損失이 상당한 경우에 적합하다고 볼 수 있으며, 이러한 경우에 대한 구체적 사례는 Ladany(1973)[5]에 나타나 있다.

3. 費用模型

$\bar{X}-R$관리도에 의해 工程平均을 管理하여 CSP-1 (i, f)를 運用하는 경우에 所要되는 費用을 구하기 위해 사용된 變數와 過程을 설명하면 다음과 같다.

- Cu 單位檢査費用
- K 工程平均의 變動이 일어났는데도 그 변동을 파악하지 못한 채 一部檢査 하에서 연속생산이 진행된 데서 損失이 招來될 때 單位物量當 費用
- Cr 검사를 받은 제품이 不良品이기 때문에 補修하는 데 소요되는 단위비용
- $\hat{p}$ 平均不良率
- Cd 一部檢査 중 검사를 받지 않은 不良品이 소비자에게 인도된 경우에 아프터 서비스 혹은 보상을 해주는 데서 발생하는 단위비용
- N_{MAX} 一部檢査에서 工程平均의 變動이 있는 경우 그 변동이 거의 파악되기까지 연속생산에서 흘러간 物量
- δ 工程平均의 變動이 일어날 확률
- V 공정평균의 변동을 파악하면 일부검사를 중단하는 경우 일부검사 하에서 평균적으로 흘러간 物量
- UCu 평균적으로 발생하는 各個檢査費用
- $VfCu$ 평균적으로 발생하는 一部檢査費用
- $\delta KN_{MAX}/2$ 一部檢査 하에서 공정평균의 변동이 일어난 경우 그 변동이 파악되지 못함으로써 발생하는 損失費用
- $U\hat{p}$ 各個檢査에서 나타나는 평균적인 不良個數
- $(U\hat{p}+Vf\hat{p})Cr$ 검사에서 발견된 불량품을 補修하는 데 소요되는 費用
- $V(1-f)\hat{p}Cd$ 一部檢査에서 흘러간 物量 V 중 샘플링이 되지 않은 채 통과한 不良品으로 인한 費用

여기서 N_{MAX}, V는 다음과 같이 구한다. 一部檢査에서 工程平均의 變動이 있는 경우 그 변동을 거의 파악할 때까지 一部檢査 하에서 흐른 物量인 N_{MAX}는, $\bar{X}-R$ 관리도에서 r회째 群까지에 그 변동을 파악할 확률을 현장상황에 맞게 I(1에 가까운 값)로 두어 구한 r로부터

아래와 같이 계산한다.

$$1-(p'\,p'')^r = I$$

$$r = \log(1-I)/\log(p'\,p'')$$

$$N_{MAX} = r\nu/f$$

一部檢査에서 工程變化가 일어나는 경우에 그 변화를 파악할 확률이 $1-\alpha$가 될 때까지 一部檢査 하에서 흘러나온 物量 $N_{1-\alpha}$의 기대치는 $N_{1-\alpha}$의 확률밀도함수를 $f(N_{1-\alpha})$로 두면

$$E(N_{1-\alpha}) = \int_{\{N_{1-\alpha}\}} N_{1-\alpha}\, f(N_{1-\alpha})\, dN_{1-\alpha}$$

$N_{1-\alpha}$ 의 분포를 一樣分布로 가정하면 N_X의 분포함수 $F(N_X)$는

$$F(N_X) = P(0 \le N_{1-\alpha} \le N_X)$$

$$= N_X/N_{MAX}$$

$$f(N_X) = 1/N_{MAX} \quad 0 \le N_X \le N_{MAX}$$

그러므로 N_X의 기대치는

$E(N_X) = N_{MAX}/2$ 이다.

한편 一部檢査에서 工程變化가 일어나지 않은 경우 평균적으로 一部檢査 하에서 통과되어 가는 物量은 $1/(f\hat{p})$ 이다. 공정변화가 일어나는 사건을 C로 두면 $P(C)=\delta$, $P(\bar{C})=1-\delta$ 이므로 一部檢査에서 各個檢査로 가기까지 평균적으로 一部檢査를 실시하는 동안에 흘러가는 物量 V는

$$V = N_{MAX}\cdot P(C)/2 + P(\bar{C})/(f\hat{p})$$

$$= \delta N_{MAX}/2 + (1-\delta)/(f\hat{p})$$

이다.

결국 평균적으로 各個檢査 및 一部檢査의 한 사이클에 소요되는 平均費用은

$$AC = UCu + VfCu + \delta KN_{MAX}/2$$

$$+ (U\hat{p} + Vf\hat{p})Cr$$

$$+ V(1-f)\,\hat{p}\,Cd$$

이다.

이러한 費用模型을 토대로 동일한 AOQL = 1%를 갖는 CSP-1 샘플링檢査方法 A, B, C(표1) 세 代案의 샘플링檢査費用을 비교해 보고자 한다.

例 : (표2)의 자료로 諸費用 및 平均費用을 구하면 最適順位는 A, B, C이다(표3). 샘플링 검사를 하는 현장상황의 經營目的에 따라 δ, K, α 등의 변수에 대해 敏感度分析을 해 볼 수 있는데

(표1) AOQL=1%를 보증하는 CSP-1 (i, f)

	i	f
A	150	0.05
B	70	0.2
C	50	0.3

(표2) 기 초 자 료

변수	Cu	K	Cr	$\hat{p}$	Cd	μ	σ	μ'	σ'	δ	I
자료	10	20	50	0.03	60	29,000	50	29,015	100	0.7	0.999

(표 3) 諸費用計算

항목 / 대안	주요변수 U	V	N_{MAX}	UCu	$VfCu$	$\frac{\delta KN_{MAX}}{2}$	$(U\hat{p}+Vf\hat{p})\,Cr$	$V(1-f)\,\hat{p}Cd$	AC	순위
A	3,181.204	555.914	1,016.9	31,812.04	277.95	7,118.3	4,813.45	950.612	12.033	1*
B	247.764	138.977	254.225	2,477.64	277.95	1,779.568	413.25	200.125	13.312	2
C	119.526	92.651	169.483	1,195.26	277.95	1,186.374	220.9	116.739	14.126	3

여기서 K에 대해 敏感度分析을 해 보면 代案 A, B, C에 대해 각각 平均費用이

$$AC(\mathrm{A}) = 10.129 + 0.0952\,K$$

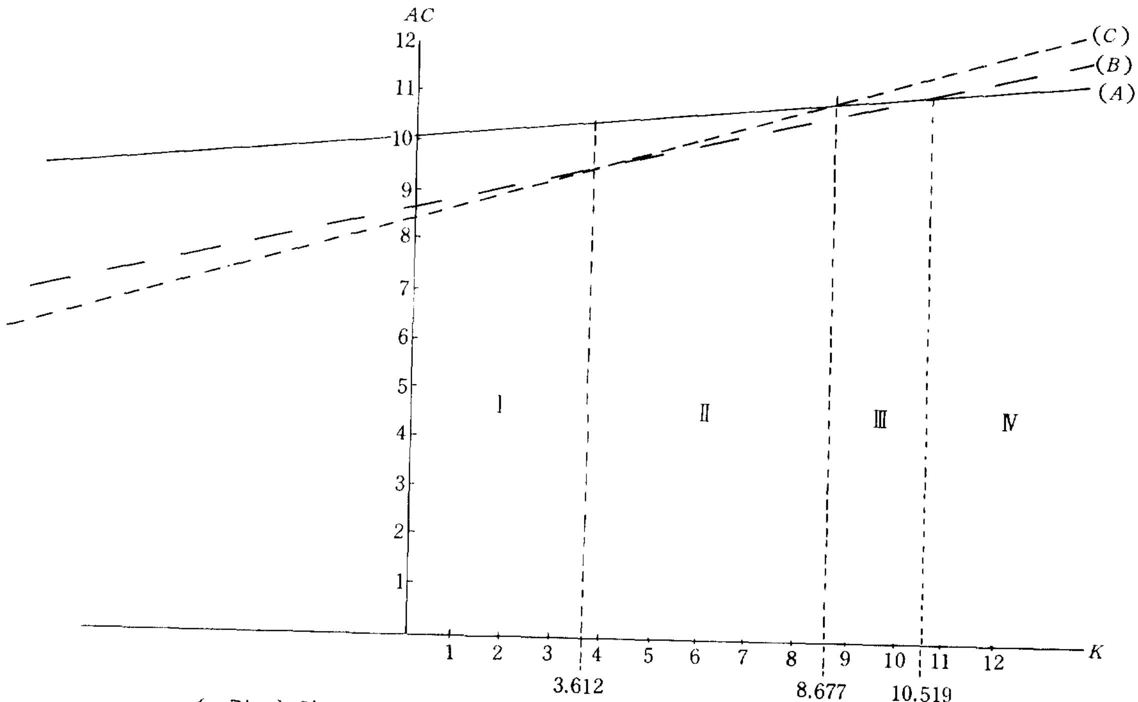
$$AC(\mathrm{B}) = 8.711 + 0.230\,K$$

$$AC(\mathrm{C}) = 8.534 + 0.279\,K \quad (\text{그림 } 4)$$

로 되어 다음 4 구간에서 平均費用의 大小順位가 바뀜을 알 수 있다(표 4).

(표 4) 各 區間에 따른 平均費用順位

구간	大 순위		小
I) $0 < K < 3.612$	A	B	C
II) $3.612 < K < 8.677$	A	C	B
III) $8.677 < K < 10.519$	C	A	B
IV) $10.519 < K < \infty$	C	B	A



(그림 4) 諸代案의 平均費用線

4. 結 論

동일한 AOQL 을 보증하는 CSP-1 샘플링 검사(i , f)에 있어서 檢査 및 聯關費用을 구성하는 變數가 많으므로 數學的 最適値를 찾는 것은 어렵고, 실제 상황에서는 管理가 어려운,주어진 原價資料, 條件 하에서 최적치를 찾아야 하는 경우가 많다. 그래서 本稿에서는 資料가 주어진 (i, f) 의 諸代案들 중 한 代案을 費用模型에 의해 提示하였다.

앞으로 샘플링 結果에서 착오 可能性,파괴검사의 경우, $N_{1-\alpha}$ 에 대한 다른 分布의 경우, CSP -2, 3 에 대한 확장 등이 연구되어질 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

(1) Duncan, A.J., Quality Control and Industrial Statistics, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 4th ed., 1974.

(2) Gibra, I.N., "Recent Developments in Control Chart Techniques", Journal of Quality Technology, Vol. 7, No. 4, October, 1975, pp. 183-192.

(3) Grant, E.L. and R.S. Leavenworth, Statistical Quality Control, McGraw-Hill Co., Inc., 4th ed., 1972.

(4) Hillier, F.S., "New Criteria for Selecting Continuous Sampling Plans", Technometrics, Vol. 6, No. 2, May, 1964.

(5) Ladany, S.P., "Optimal use of Control Charts for Controlling Current Production", Manag. Science, Vol. 19, No. 7, March, 1973.

(6) 金永輝, 品質管理, 淸文閣, 1981.

(7) 尹完澈, "連續生產性 샘플링 檢査의 設計", 韓國科學院, 1979.