

■ 연구논문

ISO 3951, 계량조정형 샘플링 검사규격

홍성훈 · 이승환
전북대학교 산업공학과

ISO 3951, Sampling Procedures and Charts for Inspection
by Variables for Percent Nonconforming

Sung-Hoon Hong · Seung-Hwan Lee
Dept. of Industrial Engineering, Chonbuk National University

Abstract

ISO 3951 (1989) *Sampling Procedures and Charts for Inspection by Variables for Percent Nonconforming* is an acceptable quality level (AQL) type sampling scheme. Sample size code letters and inspection levels in this International Standard correspond to those given in the ISO 2859 (1989), a standard for sampling plans by attributes. Two acceptance sampling procedures can be used ; tabular and graphical methods. The graphs could be used in less critical applications while the tabular method would be available for those familiar with MIL-STD-414 tables and to confirm the results of the graphs when needed. The sampling procedures of the ISO 3951 are matched to the ISO 2859 to enable us to move between them. Composite OC and ASN curves are given for AQL 2.5% and code letter F.

1. 서론

산업혁명 이후 세계의 산업은 급속도로 발전하여 기존의 소량생산체제가 대량생산체제로 바뀌게 되었으며, 이에따라 품질관리의 필요성이 크게 부각되기 시작하였다. 그후 20세기 초부터 본격적으로 샘플링 검사기법이나 관리도기법 등 여러 종류의 품질관리 기법이 개발되었는데, 이에 기여한 사람으로는 샘플링 검사이론 및 샘플링 검사표를 개발한 닷지(H. F. Dodge)와 로믹(H. G. Romig), 관리도를 고안한 슈하르트(W. A. Schwhart),

그리고 종합적 품질관리를 제창한 파이겐바움(A. V. Feigenbaum) 등을 들 수 있겠다. 우리나라에서도 1961년 공업표준화법이 제정된 이래로 여러 종류의 품질관리 기법들이 사용되어 왔고, 이들 중 샘플링 검사기법이나 관리도기법 등은 한국공업규격(Korean Standards: KS)으로 제정되어 제품의 품질향상에 크게 기여하였고 현재까지도 산업현장에서 널리 사용되고 있다. 여기서 샘플링 검사라 함은 로트 속에 포함된 모든 제품을 검사하는 전수검사와는 달리 로트로부터 일정 비율의 샘플을 취해 검사하고, 그 결과에 기초해 로트의 합격여부를 판정하는 방법으로서 이는 품질특성치와 검사형태에 따라 다음과 같이 분류된다. 먼저 품질특성치에 따라 분류하면 제품을 단순히 양품, 불량품으로 구분하는 계수형과, 길이, 부피, 무게 등과 같이 품질특성치가 연속형 데이터로 주어지는 경우에 적용하는 계량형으로 구분할 수 있다. 계량형 검사는 계수형 검사보다 단위당 검사비용은 많이 들지만, 샘플의 크기를 크게 줄일 수 있어서 고가품이나 파괴검사를 요하는 제품의 경우 계량형 검사를 사용하는 것이 경제적일 수 있다. 검사형태에 따라 분류하면 규준형, 선별형, 조정형, 그리고 연속생산형으로 나눌 수 있으며 이중 가장 널리 사용되는 것은 조정형이다[손미애 1987]. 조정형 샘플링 검사는 균수품 구입에서와 같이 다수의 공급자로부터 연속적이고 대량으로 제품을 구입하는 경우에 적절히 사용될 수 있다. 이 검사는 좋은 품질의 제품을 제공하는 공급자에게는 수월한 검사를 적용하여 품질향상에 대한 의욕을 고취시키고 반대로 나쁜 품질의 제품을 제공하는 공급자에게는 보다 까다로운 검사를 적용하여 로트의 합격을 어렵게 함으로써 품질향상을 유도하는 것이 그 목적이다. 조정형 검사는 그 품질특성치에 따라 계수조정형 검사와 계량조정형 검사로 나눌 수 있으며, 현재 세계적으로 널리 사용되는 계수조정형 검사규격으로는 미국군용규격 MIL-STD-105D(1963), 미국민간규격 ANSI Z1.4(1981), 그리고 국제규격 ISO 2859(1989) 등이 있고, 계량조정형 검사규격으로는 MIL-STD-414(1957), ANSI Z1.9(1980), 그리고 ISO 3951(1989) 등이 있다.

한편 우리나라는 계수조정형 샘플링 검사규격[KS A 3109, 1984]만을 보유하고 있고 계량조정형 샘플링 검사규격은 제정되어 있지 않다. 따라서 검사대상이 되는 품질특성치가 계량형으로 주어지는 경우에는 계수형으로 변환하거나 외국의 계량조정형 규격인 MIL-STD-414 또는 ANSI Z1.9를 이용하고 있다. 그러나 세계시장이 점차 개방화, 단일화됨에 따라 각국의 규격들은 점차로 의미를 상실하고 국제규격으로 통합되는 추세에 있기 때문에 MIL-STD-414 또는 ANSI Z1.9보다는 국제규격인 ISO 3951을 사용하는 것이 더 바람직하다. 또한 우리 기업들이 해외 수출을 위해 품질시스템에 관한 국제인증제도인 ISO 9000 시리즈 인증 취득에 노력하고 있는 요즈음, 국제규격의 중요성이 날로 높아지고 있지만 정작 이에 대한 마땅한 소개조차 되어 있지 않은게 우리의 현실이다. 그래서 본 논문에서는 ISO 3951을 소개함으로써 국제규격 및 우리나라에는 존재하지 않는 계량조정형 검사규격에 대한 이해를 돕고자 한다. 특히 ISO 3951은 합격판정절차에 있어 기존의 다른 규격들과는 달리 그래프 방법을 도입함으로써 손쉽게 합격판정을 내릴 수 있어 이용하기에 편리하다. 이에 우리 기업들은 국제규격에 대한 많은 관심과 함께 국제규격 ISO 3951과 ISO 2859를 적극 활용하는 일이 바람직 하겠다. 본 논문에서는 1989년에 개정된 ISO 3951에 대해서 규격의 구성, 합격판정절차, 엄격도 조정법칙 및 수행도 평가 등을 중심으로 설명하였다.

2. 규격의 구성

ISO 3951은 크게 4개의 절과 부록으로 구성되어 있다. 1절에서는 샘플링 검사방법에 관한 일반사항, 2절에서는 샘플링 검사의 선택방법, 3절에서는 계량형 검사의 적용절차, 4절에서는 표와 그림 등이 설명되어 있다. 또한 규격의 부록 부분에는 표준편차 σ 와 추정치 s 를 구하는 절차, 기초적인 통계이론, 범위를 이용한 합격판정절차, 표준편차 추정치 s 에 관한 그래프 용지가 수록되어 있다.

조정형 샘플링 검사를 적용하기 위해서는 우선 로트의 크기, AQL 그리고 검사수준 등을 미리 지정하여야 한다. 그 다음으로 주어진 로트의 크기와 검사수준으로부터 시료문자를 선택하고, 시료문자와 AQL로부터 보통검사, 까다로운 검사, 수월한 검사에 해당하는 샘플링 검사방식을 적용시키게 된다. 그래서 ISO 3951의 구성을 로트의 크기 및 시료문자, AQL, 검사수준 등을 중심으로 설명하면 다음과 같다.

로트의 크기 및 시료문자

검사에 사용되는 로트의 크기는 15등급으로 분류되고 최대 로트의 크기는 500,000으로 되어 있다. 로트의 크기가 클수록 보다 정확한 판별력이 요구되기 때문에 로트의 크기에 따라 샘플의 크기가 커지도록 설계되어 있다. 사용되는 시료문자는 알파벳 B에서 N까지, 그리고 P로써 모두 14분류로 되어 있으며 로트 크기가 커질수록 P쪽으로 향하도록 설계되어 있다. <표 1>은 ISO 3951의 시료문자표이다.

< 표 1 > 시료문자표

로트의 크기	특별 검사 수준		일반 검사 수준		
	S-3	S-4	I	II	III
2-8			↓	↓	C
9-15			↓	B	D
16-25			B	C	E
26-50		↓	C	D	F
51-90		B	D	E	G
91-150	↓	C	E	F	H
151-280	B	D	F	G	I
281-500	C	E	G	H/I*	J
501-1,200	D	F	H	J	K
1,201-3,200	E	G	I	K	L
3,201-10,000	F	H	J	L	M
10,001-35,000	G	I	K	M	N
35,001-150,000	H	J	L	N	P
150,001-500,000	I	K	M	P	↑
500,001 이상	J	L	N	↑	↑

* H는 로트의 크기가 281-400인 경우, I는 401-500인 경우 사용한다.

AQL

AQL(Acceptable Quality Level)은 “샘플링 검사시 공정평균으로서 만족스럽다고 생각되는 불량률의 상한”으로 정의되어지며 합격품질수준이라고 한다. 제품의 품질특성에 따라 AQL을 지정하게 되는데 사용하는 AQL값은 0.10, 0.15, 0.25, 0.40, 0.65, 1.0, 1.5, 2.5, 4.0, 6.5, 10.0(%)의 11분류로 되어 있다. 이 AQL 값은 $(10)^{1/5} = 1.585$ 의 공비로 되어 있으며 품질이 AQL인 로트가 합격되는 확률은 고정되어 있지 않고 샘플의 크기에 따라 대략 0.88~0.99 정도가 된다. 즉 생산자 위험은 0.01~0.12의 값을 가지며 로트 크기가 클수록 생산자 위험은 감소하게 된다.

검사수준

제품의 가격과 검사비용 등을 고려하여 일반검사수준 I, II, III, 특별검사수준 S-3, S-4의 5수준을 각각 적용하도록 되어 있다. 별도의 지시가 없는 한 일반검사수준 II를 사용하고, 수준 I은 로트에 대한 판별력이 떨어져도 되는 경우, 수준 III은 판별력이 특히 중요한 경우에 사용하도록 되어 있다. 검사수준 I, II, III의 샘플 크기의 비율은 대략 0.4 : 1 : 1.6 정도인데 이는 판별력이 중요한 III 수준에서의 샘플 크기가 가장 큼을 의미한다. 또한 특별검사수준은 파괴 검사나 값비싼 제품의 검사에서와 같이 로트에 대한 판정을 잘못 할 위험이 증가하더라도 샘플의 크기를 작게 하고 싶을때 사용한다.

(표 2)는 규격의 구성면에서 ISO 3951의 이해를 돕기 위해 다른 계량조정형 검사규격들인 MIL-STD-414 및 ANSI Z1.9와 비교한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 ISO 3951은 검사수준 5분류, AQL 11분류, 시료문자 14분류로서 ANSI Z1.9와 동일하지만, 규격의 구성, 로트 크기 구간에서는 세가지 규격이 서로 약간의 차이가 있음을 알 수 있다.

〈 표 2 〉 계량조정형 검사규격의 비교

	ISO 3951	MIL-STD-414	ANSI Z 1.9
규격의 구성	4개의 절과 부록	4개의 절	5개의 절
로트 크기 구간	15분류	17분류	16분류
최대 로트 크기	500,000	550,000	500,000
검사 수준	5분류 (I, II, III, S-3, S-4)	5분류 (I, II, III, IV, V)	ISO 3951과 동일
최초 검사 수준	II	IV	II
AQL	11분류	14분류	ISO 3951과 동일
시료 문자	14 분류 (B-N, P)	16 분류 (B-Q)	ISO 3951과 동일

3. 합격판정절차 및 예제

합격판정절차는 표를 이용해 로트의 합격여부를 판정하는 경우와 그래프를 이용해 합격여부를 판정하는 경우로 나뉘어진다. ISO 3951의 가장 큰 특징은 기존의 MIL-STD-414와 ANSI Z1.9에서는 표만 이용해서 합격판정을 할 수 있지만, ISO 3951은 표와 그래프를 모두 사용해서 합격판정을 할 수 있다는 점이다. 그러나 표를 이용하든 그래프를 이용하든 합격판정 결과는 동일하기 때문에 자세한 합격판정절차가 필요없는 경우에는 그래프를 이용해 합격판정을 하고, 불량률의 추정치가 필요하거나 그래프로 합격판정을 한 결과를 확인할 필요가 있을 때는 표를 이용해 합격판정을 하게 된다[Schilling, 1974]. 로트의 합격여부 판정은 품질특성치의 표준편차를 아는 경우와 모르는 경우로 나뉘어지며 표준편차를 아는 경우는 표준편차기법, 모르는 경우는 표준편차의 추정치로 s 를 사용하는 표준편차법과 범위 R 을 사용하는 범위법이 있다. 한편 ISO 3951에서는 범위법을 부록에 수록하여 참고사항 정도로 사용하도록 하였다. 이 점도 ISO 3951이 MIL-STD-414와 ANSI Z1.9 등의 규격과 다른 점이라 할 수 있다. 이는 범위법이 표준편차법에 비해 계산이 간단하다는 장점이 있으나 요즘은 컴퓨터의 보급으로 샘플의 표준편차를 계산하는데 별로 어려움이 없으며, 표준편차법이 범위법에 비해 샘플의 크기를 작게 할 수 있기 때문이다.

계량조정형 검사에서는 품질특성에 대한 규격한계가 어떻게 주어졌느냐에 따라 각각 다른 합격판정절차를 따르게 된다. 규격한계는 한쪽규격한계가 주어진 경우, 분리된 양쪽규격한계가 주어진 경우, 그리고 결합된 양쪽규격한계가 주어진 경우로 나눌 수 있다. 한쪽규격한계가 주어진 경우는 규격상한이나 규격하한 중 하나만이 주어진 경우로서 합격판정이 비교적 간단하다. 분리된 양쪽규격한계와 결합된 양쪽규격한계는 규격상한과 규격하한이 모두 주어진다는 점에서는 같지만, 전자는 규격상한과 하한에 대해 서로 다른 AQL 값이 주어지고 후자는 동일한 AQL 값이 주어진다는 점이 다르다. 여기서 주의할 점은 한쪽규격한계선과 분리된 양쪽규격한계선이 주어진 경우에는 표와 그래프 방법을 모두 사용할 수 있지만 결합된 양쪽규격한계선이 주어진 경우에는 그래프 방법으로만 로트의 합부 여부를 판정할 수 있다는 점이다.

〈표 3〉은 표와 그래프에 관한 합격판정절차를 설명하고 있다. 특히 그래프를 이용한 합격판정절차는 〈그림 1〉을 통해 더 자세히 나타내었다. 표와 그림에서 사용한 기호의 정의는 다음과 같다

n : 샘플크기

k : 합격판정계수

\bar{x} : 샘플평균

σ : 표준편차

s : 샘플 표준편차 추정치

$U(L)$: 규격의 상한(하한)

Q_U, Q_L : 품질지수(Quality Index)

MSSD(Maximum Sample Standard Deviation) : 최대 샘플 표준편차

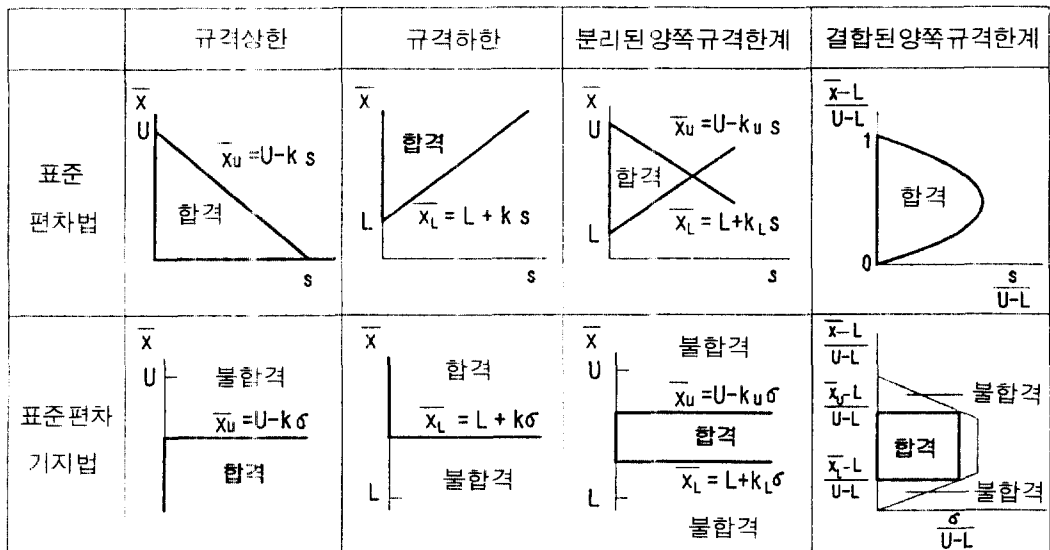
MPSD(Maximum Process Standard Deviation) : 최대 공정 표준편차

〈 표 3 〉 ISO 3951의 합격판정절차

방법	표를 이용한 방법		그래프를 이용한 방법	
	단계	한쪽 또는 분리된 양쪽규격한계	한쪽 또는 분리된 양쪽규격한계	결합된 양쪽규격한계
단계 1		표로부터 n, k 결정	표로부터 n, k 결정	그림으로부터 합격판정곡선 결정
단계 2	표준 편차 기지법	$Q_U = \frac{U - \bar{x}}{\sigma}$ 또는 $Q_L = \frac{\bar{x} - L}{\sigma}$ 계산	(σ, \bar{x}) 를 $\bar{x}_U = U - k_U \sigma$ 또는 $\bar{x}_L = L + k_L \sigma$ 이 그려진 그래프에 타점	만약, $\sigma > MPSD = f_{\sigma}(U-L)^*$ 이면 불합격 처리 그렇지 않으면, $(\frac{\sigma}{U-L}, \frac{\bar{x}-L}{U-L})$ 을 합격 판정곡선에 타점
	표준 편차 법	$Q_U = \frac{U - \bar{x}}{s}$ 또는 $Q_L = \frac{\bar{x} - L}{s}$ 계산	(s, \bar{x}) 를 $\bar{x}_U = U - k_U s$ 또는 $\bar{x}_L = L + k_L s$ 이 그려진 그래프에 타점	만약, $s > MSSD = f_s(U-L)^{**}$ 이면 불합격 처리 그렇지 않으면, $(\frac{s}{U-L}, \frac{\bar{x}-L}{U-L})$ 을 합격 판정곡선에 타점
단계 3	한쪽 한계	$Q_U \geq k$ 또는 $Q_L \geq k$ 이면 합격	합격영역 안에 타점되면 합격	-
	양쪽 한계	$Q_U \geq k$ 이고 $Q_L \geq k$ 이면 합격	합격영역 안에 타점되면 합격	합격영역 안에 타점되면 합격

* f_{σ} 는 표준화된 MPSD 값으로 규격의 표 IV - σ 에 있다.

** f_s 는 표준화된 MSSD 값으로 규격의 표 IV - s 에 있다.



〈 그림 1 〉 그래프를 이용한 합격판정절차

표준편차기법과 표준편차법은 거의 동일한 합격판정절차를 갖는다. 따라서 여기서는 표준편차법을 중심으로 하여 표를 이용하는 방법과 그래프를 이용하는 방법의 두가지 방법에 대해 그 절차를 간단히 설명하고자 한다.

3.1 표를 이용한 합격판정절차

표를 이용한 합격판정절차는 MIL-STD-414, ANSI Z1.9와 거의 동일하다. 예를들어 분리된 양쪽규격한계선이 주어지면 품질지수 $Q_U = \frac{U - \bar{x}}{s}$ 와 $Q_L = \frac{\bar{x} - L}{s}$ 를 계산한다 만일 $Q_U \geq k_U$ 이고 $Q_L \geq k_L$ 의 두가지 조건이 동시에 만족되면 로트를 합격시키고, 그렇지 않으면 불합격시킨다. 또한 한쪽규격한계선이 주어진 경우에는 Q_U 또는 Q_L 을 구한 후, 그 값이 k 보다 크면 합격, 그렇지 않으면 불합격시킨다.

3.2 그래프를 이용한 합격판정절차

한쪽 또는 분리된 양쪽규격한계선이 주어진 경우에는 표뿐만 아니라 그래프를 이용해서도 합격판정을 할 수 있다. 먼저 표준편차법의 경우 <그림 1>에서 보는바와 같이 s 를 x 축으로, \bar{x} 를 y 축으로 하는 그래프 용지에 다음과 같은 선을 긋는다.

규격상한이 주어진 경우 : $\bar{x}_U = U - k_U s$

규격하한이 주어진 경우 : $\bar{x}_L = L + k_L s$

여기서, 한쪽규격한계가 주어진 경우의 합격영역은 규격상한에 대해서는 \bar{x}_U 의 아래쪽, 규격하한에 대해서는 \bar{x}_L 의 위쪽이 해당된다. 분리된 양쪽규격한계가 주어진 경우에는 \bar{x}_U 와 \bar{x}_L 이 만나서 이루는 곳, 즉 삼각형으로 된 부분이 합격영역이 된다. 그리고 이때의 합격판정은 측정치로부터 구한 (s, \bar{x}) 가 합격영역 안에 타점되면 로트를 합격시키고, 합격영역 밖에 타점되면 로트를 불합격시킨다. 결합된 양쪽규격한계선이 주어진 경우에 s 가 $MSSD$ ¹⁾보다 크면 로트를 즉시 불합격시킬 수 있다. 그렇지 않을 경우에는 측정치로부터 점 $(\frac{s}{U-L}, \frac{\bar{x}-L}{U-L})$ 의 값을 구한다. 그래서 이 점이 규격으로부터 구한 합격곡선²⁾내에 타점되면 로트를 합격시킨다. 표준편차기법법의 경우 규격상한이 주어졌을 때는 $\bar{x}_U = U - k_U \sigma$ 의 아래쪽, 규격하한이 주어졌을 때는 $\bar{x}_L = L + k_L \sigma$ 의 위쪽이 합격영역에 해당된다. 또한 분리된 양쪽한계선이 주어진 경우에는 \bar{x}_U, \bar{x}_L 사이가 합격영역이 된다. 그래프를 이용한 합격판정절차의 이론적 배경에 대해 관심이 있는 독자는 Duncan(1975)을 참조하기 바란다. 다음은 지금까지 설명한 합격판정절차에 대한 내용을 예를 들어 설명하고 있다.

- 1) $MSSD = f_s(U-L)$ 가 되며 이때의 f_s 값은 샘플크기와 AQL 값이 주어지면 규격의 표 IV - s 로부터 구할 수 있다.
- 2) ISO 3951에는 각 치료문자와 AQL에 따른 합격곡선이 주어져 있다. 표준편차법과 표준편차기법으로 나뉘어 있으며, 표준편차법의 경우 $\frac{s}{U-L}$ 을 x 축으로, $\frac{\bar{x}-L}{U-L}$ 을 y 축으로 하고 있다.

〈예제 1 : 한쪽규격한계선이 주어진 경우〉

어떤 온도측정장치의 규격상한은 60°C 이다. 로트의 크기는 100이고 표준편차를 모르고 있다. 검사수준 II, AQL은 2.5%에 해당하는 보통검사를 사용하여 로트의 합격여부를 판정하려고 한다. 주어진 검사수준과 로트의 크기로부터 시료문자 F가 결정되고, 그 다음으로 시료문자 F와 주어진 AQL 값으로부터 샘플크기 $n=10$, 합격판정계수 $k=1.41$ 이 결정된다. 샘플 10개의 측정값이 53, 57, 49, 58, 59, 54, 58, 56, 55, 50°C 일때 표준편차법을 사용하여 합격판정을 하면 다음과 같다.

먼저 표를 이용한 경우에 합격판정을 해보면, 측정치로부터 $\bar{x}=54.9$, $s=3.414$ 를 구할 수 있고, 품질지수 $Q_U = \frac{U-\bar{x}}{s} = \frac{60-54.9}{3.414} = 1.494$ 가 된다. 따라서 $Q_U > k$ 이므로 로트는 합격된다. 합격판정을 그래프를 이용해서 할 경우는 〈그림 2〉의 (a)와 같다. 그림에서와 같이 s 를 x 축으로, \bar{x} 를 y 축으로 하는 그래프 용지에 $\bar{x}_U = U - ks$ 를 그린다. 여기에 측정치로부터 구한 점(s, \bar{x}) = (3.414, 54.9)를 타점한 결과 이 점이 합격영역 안에 존재하므로 로트는 합격이 된다.

〈예제 2 : 결합된 양쪽규격한계선이 주어진 경우〉

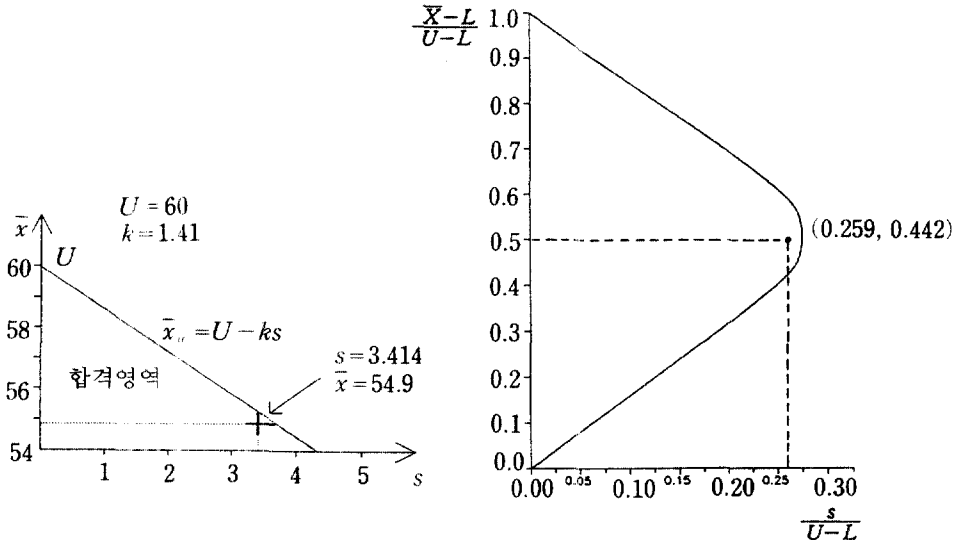
어떤 온도측정장치의 규격상한은 70°C 이고, 규격하한은 60°C 이다. 로트의 크기는 96 이고 표준편차를 모르고 있다. 검사수준 II, AQL은 1.5%에 해당하는 보통검사를 사용하여 로트의 합격여부를 판정하려고 한다. 주어진 검사수준과 로트 크기로부터 시료문자 F가 결정되고, 이 시료문자로부터 샘플크기 $n=10$ 이 결정된다. 샘플 10개의 측정값이 64.0, 62.7, 64.2, 61.5, 68.5, 66.5, 60.7, 65.4, 63.0, 67.7°C 일때 표준편차법을 사용하여 합격판정을 하면 다음과 같다. 측정치로부터 구한 $\bar{x}=64.42$, $s=2.59$ 이다. 또한 규격으로부터 $f(=0.276)$ 를 구할 수 있고, 이때의 $MSSD = f(U-L) = 0.276(70-60) = 2.76$ 이 된다. 여기서 $\bar{s}(=2.59) < MSSD(=2.76)$ 이므로 다음 절차를 통해 로트의 합격여부를 알 수 있다.

로트의 합격여부를 판정하기 위해 규격으로부터 구한 적절한 합격곡선은 〈그림 2〉의 (b)와 같다. 이를 적용하기 위해 아래와 같은 값을 계산한다.

$$\frac{s}{U-L} = \frac{2.59}{70-60} = 0.259$$

$$\frac{\bar{x}-L}{U-L} = \frac{64.42-60}{70-60} = 0.442$$

〈그림 2〉에서 보는바와 같이 점($\frac{s}{U-L}, \frac{\bar{x}-L}{U-L}$)이 합격곡선 안에 타점이 되므로 로트는 합격처리 된다.



(a) 한쪽규격한계

(b) 결합된 양쪽규격한계

〈 그림 2 〉 예제(그래프를 이용한 합격판정절차)

4. 엄격도 조정법칙 및 수행도 평가

조정형 샘플링 검사는 보통 검사, 까다로운 검사, 수월한 검사의 세가지 검사방식이 독자적으로 사용되는 것이 아니라, 엄격도 조정법칙에 의하여 각 검사방식들이 상호 연관되어 사용하도록 되어 있다. 원칙적으로 검사초기에는 보통 검사를 사용하지만 공정평균이 AQL보다 월등히 좋다고 인정될 때는 수월한 검사, 이와 반대로 AQL보다 나쁜 경우는 까다로운 검사를 적용한다. 처음 만들어진 계량형 규격인 MIL-STD-414의 엄격도 조정법칙은 무척 복잡하고 사용하기에 까다로웠다. 이는 상대적으로 간단한 엄격도 조정법칙을 갖는 계수형에 비해 그 사용폭을 좁히는 결과를 가져오게 되었다. 따라서 계량형 규격의 복잡한 엄격도 조정법칙은 간단한 계수형 규격과 일치하도록 수정되어 왔으며, ISO 3951 역시 간단한 엄격도 조정법칙을 갖도록 만들어졌다. ISO 3951의 엄격도 조정법칙은 〈표 4〉와 같다. 표에서 보는 바와 같이 보통 검사에서 연속 5로트 중 2로트가 불합격하면 까다로운 검사로 넘어가고, 까다로운 검사에서는 연속 5로트가 합격하면 보통 검사로 넘어간다. 또한 보통 검사에서 수월한 검사로의 전환은 4가지 조건이 모두 만족되어야 가능하며, 수월한 검사에서는 3가지 조건 중 하나라도 해당되면 보통 검사로 넘어가게 된다. 한편 〈표 4〉에는 MIL-STD-414와 ANSI Z1.9의 엄격도 조정법칙도 함께 비교, 설명하였다. 표에서 보듯이 ISO 3951의 엄격도 조정법칙은 복잡한 MIL-STD-414와는 달리 ANSI Z1.9처럼 간단해져 현장에서 사용하기에 용이해졌음을 알 수 있으며, 계수형 규격인 MIL-STD-105D와 ISO 2859 등과 거의 동일하다는 것을 알 수 있다.

〈 표 4 〉 엄격도 조정법칙

	ISO 3951	MIL-STD-414	ANSI Z1.9
보통 → 까다로운	연속 5로트 중 2로트 불합격	1.연속 k 로트에서 추정된 공정 평균이 AQL보다 클때 2.연속 k 로트에서 추정된 불량률 이 AQL보다 큰 로트의 수가 T^* 이상일 때	ISO 3951과 동일
까다로운 →보통	연속 5로트 합격	추정된 로트의 공정평균이 AQL보다 작거나 같을 때	ISO 3951과 동일
보통 → 수월한	(AND 조건) 1.연속 10로트가 합격 2.보통 검사에서 한 단계 더 높은 AQL에서도 로트가 합격 가능할 때 3.공정이 통계적 관리상태 일때 4.책임자 승인이 있을 때	(AND 조건) 1.연속 k 로트가 보통 검사에서 모두 합격 2.추정된 로트의 불량률이 규격 에서 제시하는 한계불량률 보다 작을 때 3.공정이 안정적 일때	(AND 조건) 1.연속 10로트가 합격 2.공정이 안정적 일때 3.책임자 승인이 있을때
수월한 →보통	(OR 조건) 1.한 로트라도 불합격 2.생산이 불안정 또는 지연될 때 3.기타 보통 검사로 넘어가는 것이 타당하다고 생각될 때	(OR 조건) 1.한 로트라도 불합격 2.추정된 공정평균이 AQL보다 클때 3.생산이 불안정 또는 지연될때 4.보통 검사로 넘어가는 것이 타당할 때	ISO 3951과 동일
검사 중단	연속 5로트가 까다로운 검사에서 계속 머물 때	규정이 없다.	연속 10로트가 까다로운 검사에서 계속 머물 때

* T 는 MIL-STD-414의 표로부터 구할 수 있다.

조정형 샘플링 검사는 엄격도 조정에 따른 장기적인 관점에서 수행도를 평가하는 것이 매우 중요하다. 이는 보통 검사, 까다로운 검사, 수월한 검사의 세가지 검사방식이 독지적으로 사용되어 지는 것이 아니라 엄격도 조정법칙에 따라 상호 유기적인 관계를 가지고 운용되기 때문이다. 즉 엄격도 조정법칙의 효율성을 파악하기 위해서는 수행도 평가를 실시해 보아야 한다. 수행도를 평가하기 위한 기준으로는 일반적으로 로트의 종합 OC 곡선(Composite Operating Characteristic Curve) 및 종합 ASN 곡선(Composite Average Sample Number Curve)이 사용된다. 로트 불량률 p 의 함수로서

$$P(N) = \text{보통 검사에서 검사받는 로트의 비율}$$

$$P(T) = \text{까다로운 검사에서 검사받는 로트의 비율}$$

$P(R)$ = 수월한 검사에서 검사받는 로트의 비율

이라고 정의하면, 로트의 종합합격확률 $L(p)$ 및 종합 ASN은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$L(p) = L_N P(N) + L_T P(T) + L_R P(R) \quad (1)$$

$$ASN = n_N P(N) + n_T P(T) + n_R P(R) \quad (2)$$

단, 여기서

L_N : 보통 검사에서 로트의 합격확률

L_T : 까다로운 검사에서 로트의 합격확률

L_R : 수월한 검사에서 로트의 합격확률

n_N : 보통 검사에서의 샘플의 크기

n_T : 까다로운 검사에서의 샘플의 크기

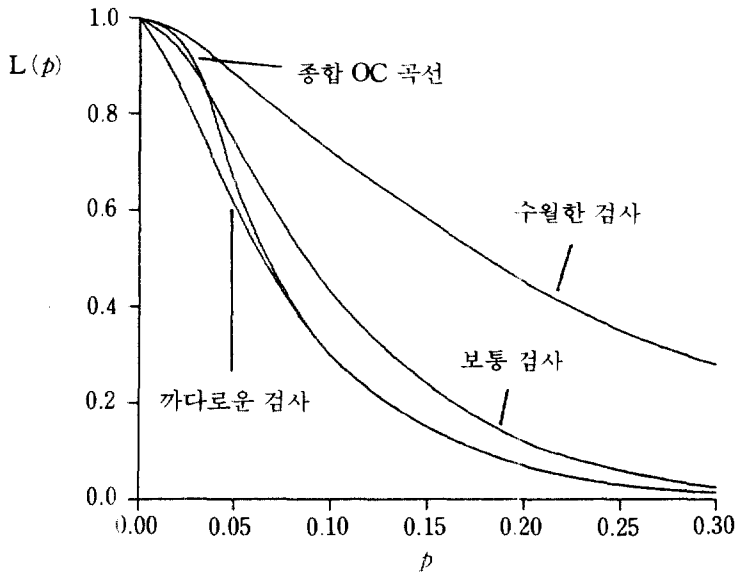
n_R : 수월한 검사에서의 샘플의 크기

이다. 식 (1)에서 $P(N)$, $P(T)$, $P(R)$ 은 마코브 사슬(Markov chain) 또는 시뮬레이션 방법을 사용하여 계산할 수 있다. 한편 식 (1), (2)를 사용하여 계산한 $L(p)$ 와 ASN을 불량률 p 의 함수로 하여 그래프로 그린 것이 종합 OC 곡선과 종합 ASN 곡선으로, Schilling과 Sheesley(1984)에 의하여 ANSI Z1.9 등의 규격에 대한 종합 OC 곡선 및 종합 ASN 등이 계산될 바 있다.

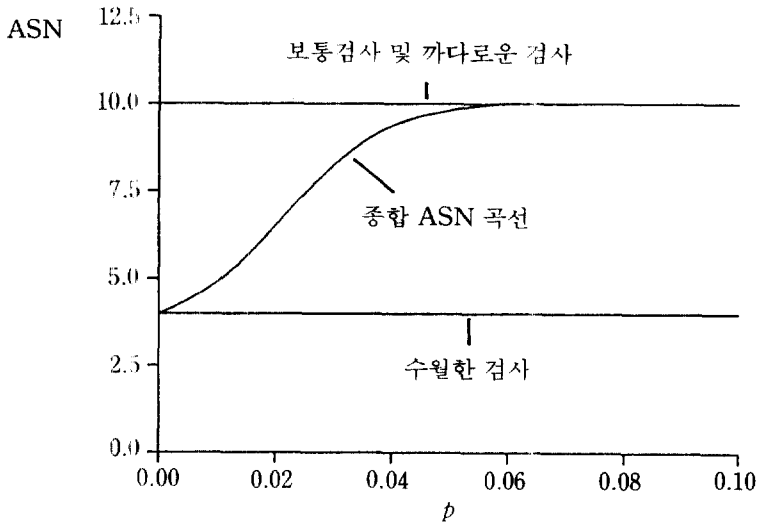
〈그림 3〉의 (a)와 (b)는 시료문자 F, AQL=2.5%에 대한 종합 OC 곡선과 종합 ASN 곡선이다. 그림 (a)의 종합 OC 곡선의 경우 불량률이 작을 때는 보통검사의 합격확률보다 약간 높고, 불량률이 클 때는 보통검사보다 까다로운 검사의 OC 곡선에 접근하게 된다. 즉 로트에 대한 판별력에 있어서 개개의 단일 샘플링 검사방식보다 엄격도 조정법칙을 충실히 따랐을 때의 종합 OC 곡선이 훨씬 좋다는 것을 알 수 있다. 따라서 엄격도 조정법칙을 따르지 않고 단일 샘플링 검사방식, 예컨대 보통 검사만을 계속해서 사용한다면 이 규격을 사용하는 의의가 없어지게 되므로 엄격도 조정법칙을 반드시 따라야 한다. 그림 (b)의 종합 ASN 곡선의 경우 불량률이 작은 경우에는 수월한 검사의 샘플의 크기 $n=4$ 에 가까운 값을 가지나, 불량률이 큰 경우에는 보통 검사 및 까다로운 검사의 샘플의 크기 $n=10$ 의 값을 갖게 됨을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 계량조정형 샘플링 검사규격인 ISO 3951의 구성과 내용을 설명하였다. 규격의 구성면에서 ISO 3951은 4개의 절과 부록으로 구성되어 있고 검사수준은 5 분류, AQL은 11분류, 로트의 크기는 15분류로 되어 있다. 합격판정은 크게 표와 그래프를 사용할 수 있는데 기존의 규격들이 표만 이용할 수 있는 반면, ISO 3951은 표와 그래프를 모두 이용할 수 있다는 점이 가장 큰 특징이다. 그러나 예제를 통해서 알 수 있듯이 합격판



(a) 종합 OC 곡선



(b) 종합 ASN 곡선

〈 그림 3 〉 종합 OC 곡선 및 종합 ASN 곡선(시료문자 F, AQL 2.5%)

정에 있어서 표를 이용한 방법과 그래프를 이용한 방법은 그 방법상의 차이일 뿐 결과는 똑같이 나오며, 단지 합격과 불합격만을 알고자 할때는 비교적 간단한 그래프를 이용하고 정확한 수치까지 알고자 할때는 표를 이용해서 하는 것이 좋겠다. 주의할 점은 한쪽 또는 분리된 양쪽규격한계가 주어진 경우에는 표와 그래프를 모두 사용할 수 있지만, 결합된 양

족규격한계가 주어진 경우에는 그래프로만 합격판정을 할 수 있다는 점이다. ISO 3951은 ANSI Z1.9처럼 엄격도 조정법칙이 간단하게 되어 있어 산업현장에서 적용하기에 용이하며, 특히 계수형 규격인 ISO 2859와 규격의 구성 및 적용절차가 근본적으로 같기 때문에 상호변환이 가능하다. 또한 수행도 평가를 통해 알 수 있듯이 로트에 대한 판별력에 있어 개개의 단일 샘플링 검사방식보다 엄격도 조정법칙을 충실히 따랐을때 종합 OC 곡선이 훨씬 좋음을 알 수 있다.

미국군용규격인 MIL-STD-414는 계량조정형 샘플링 검사에 관한 최초의 규격으로서 ANSI Z1.9 및 ISO 3951 등 많은 검사규격의 발전에 기초가 되었다. 그러나 MIL-STD-414는 엄격도 조정법칙을 포함한 규격의 적용절차가 복잡하고, 계수조정형 규격인 MIL-STD-105D와 비교할 때 규격의 구성 및 적용절차에 많은 차이가 있어서 일반 산업체에서는 사용폭이 그다지 넓지 않았다. 이러한 점을 ISO 3951은 여러가지 측면에서 해결하였다. 규격의 구성 및 엄격도 조정법칙을 계수형 규격인 MIL-STD-105D나 ISO 2859 등과 일치시켰으며, 로트의 합격판정절차에서는 그래프를 이용해 판정결과를 시각적으로 명확하게 확인할 수 있도록 해 주었다. 이와같이 규격의 적용절차를 단순화시키고, 계수형과 계량형 규격의 적용절차를 통일시키는 것은 최근 규격들의 변화추세이며, ISO 3951은 이러한 추세를 충실히 반영한 규격이라 할 수 있다.

현재의 ISO 3951 등을 포함한 대다수의 조정형 샘플링 규격들에서는 AQL의 하한으로 0.1% 또는 0.01% 등의 불량률을 사용하고 있다. 그러나 앞으로의 제품은 지금보다 훨씬 더 복잡해질 것이고, 불량률도 ppm(parts per million) 단위 수준을 요구하는 경우가 많이 발생할 것이다. 최근에도 반도체 조립공정 등에서는 ppm 단위의 불량률을 요구하고 있다. 사실 불량률이 0.01% 이하의 값을 갖게 되면, 이러한 상황에서는 샘플링 검사를 적용하는 데 많은 어려움이 있다. 예를들어 불량률이 0.01%라면, 평균적으로 10000개의 제품중 하나의 불량품이 포함된다는 것이다. 따라서 100개 또는 1000개의 샘플을 취하더라도 그 중에 불량품이 하나도 포함되지 않을 확률이 높아지게 된다. 그러므로 불량률이 ppm 단위 이하로 내려가는 제품에 대한 품질검사를 위해 자동화된 검사기계를 이용한 선수검사나, 연속생산형 샘플링 검사를 다소 변형시킨 다양한 검사방식들이 최근들어 많이 연구되고 있다.

본 연구에서는 국제규격 ISO 3951에 대해 합격판정절차를 중심으로 그 전반적인 내용을 알기쉽게 설명하였다. 향후 연구과제로는 계수형 규격인 ISO 2859의 연구도 아울러 이루어져야 하겠고, 우리나라 기업들은 국제규격에 대한 많은 관심과 이해는 물론 이를 실무에 잘 활용하는 일이 바람직할 것이다.

참고문헌

- [1] 손미애(1987), "계량조정형 샘플링 검사에 관한 연구," 석사학위논문, 한국과학기술원.
- [2] KS A 3109(1984), 계수조정형 샘플링 검사(공급자를 선택할 수 있는 경우의 구입 검사), 한국표준협회

- [3] ANSI/ASQC Z1.4(1981), "Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes," American Society for Quality Control, Milwaukee, Wisconsin.
- [4] ANSI/ASQC Z1.9(1980), "Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Nonconforming," American National Standards Institution, New York.
- [5] Duncan, A. J. (1975), "Sampling by Variables to Control the Fraction Defective: Part I," *Journal of Quality Technology*, Vol. 7, No. 1, pp. 34-42.
- [6] ISO 2859(1989), "Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes," International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [7] ISO 3951(1989), "Sampling Procedures and Charts for Inspection by Variables for Percent Defective," International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [8] MIL-STD-105D(1963), "Military Standard, Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes," United States Department of Defense, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- [9] MIL-STD-414(1957), "Military Standard, Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Defective," Department of Defense, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.
- [10] Schilling, E. G. (1974), "Variables Sampling and MIL-STD-414," *Quality Progress*, Vol. 7, No. 5, pp. 16-20.
- [11] Schilling, E. G., and Sheesley, J. H. (1984), "The Performance of ANSI/ASQC Z1.9-1980 Under the Switching Rules," *Journal of Quality Technology*, Vol. 16, No. 2, pp. 101-120.