

# 로트의 신뢰성 보증 샘플링검사 방식에 대한 연구

백재욱

한국방송통신대학교 통계·데이터과학과

## Study on the sampling inspection method for reliability assurance of lot

Jaiwook Baik

Department of Statistics·Data Science, Korea National Open University

**요약** 품질관리를 위한 샘플링검사 방식은 산업계에서 많이 제안되어왔다. 하지만 시간을 염두에 둔 품질인 신뢰성에 대한 샘플링검사 방식은 상대적으로 덜 제시되었으며, 일목요연하게 요약한 문헌도 그리 많지 않은 편이다. 이에 여기에서는 신뢰성 시험 중 대상 제품의 신뢰성 평가척도값이 목표로 하는 값을 만족하는지 확인하기 위한 신뢰성 적합시험의 설계에 대하여 설명한다. 이를 위해 먼저 소비자와 생산자가 모두 만족할 수 있는 조건은 무엇인지 OC곡선의 측면에서 살펴보면서 원하는 수준의 생산자위험과 소비자위험을 만족하는 샘플링검사가 무엇인지 알아본다. 이어서 신뢰성 샘플링검사 방식은 계수형과 계량형의 두 가지 방식이 있으므로 이들에 대해 살펴본다. 구체적으로 계수형 신뢰성 샘플링검사 방식은 대상 제품 중  $n$ 개의 시험품을 샘플링하여 일정 기간인  $T$ 시간 동안 시험하여 고장발생수가  $c$ 개 이하이면 합격시키는 형태이고, 계량형 신뢰성 샘플링검사 방식은  $n$ 개의 시험품을 미리 정한 기준의 시험시간 동안 시험하여 얻어진 시험 데이터를 이용하여 MTBF와 같은 신뢰성 평가척도값을 계산한 후 이 값이 일정 기준을 만족하면 합격시키는 형태이다. 계수형이든 계량형 신뢰성 샘플링검사이든 검사표를 이용할 수도 있다.

**주제어** 신뢰성, 샘플링검사, OC곡선, 계수형 신뢰성 샘플링검사, 계량형 신뢰성 샘플링검사

**Abstract** Sampling inspection methods for quality control have been proposed a lot in the industry. However, the sampling inspection method for reliability, which is a quality over time, has been relatively less presented, and there are not many literatures that are clearly summarized. Therefore, this paper focuses on the reliability conformity test to verify that the reliability evaluation scale value of the target is satisfied during the reliability test. To this end, first, we look at the conditions that both consumers and producers can satisfy in terms of the OC curve and find out what sampling methods satisfy the desired level of producer risk and consumer risk. Next, two methods of the reliability sampling methods such as attribute and variable reliability sampling methods are examined. Specifically, the attribute reliability sampling method is a form of sampling plan where  $n$  samples are tested for a certain period of  $T$  hours and the lot is accepted if the number of failures is less than or equal to a certain number  $c$ . On the other hand, the variable reliability sampling method is a form of sampling plan where the lot is accepted if the reliability evaluation scale such as MTBF satisfies a certain standard. Both sampling plans may also use inspection tables.

**Key Words** Reliability, Sampling inspection, OC curve, Attribute reliability sampling inspection, Variable reliability sampling inspection

Received 17 Jan 2023, Revised 20 Jan 2023  
Accepted 27 Jan 2023  
Corresponding Author: Jaiwook Baik  
(Korea National Open University)  
Email: jbaik@knou.ac.kr  
ISSN: 2466-1139(Print)  
ISSN: 2714-013X(Online)

© Industrial Promotion Institute. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

오늘날 시장의 환경이 급속하게 생산자에서 소비자 중심으로 전환되면서 품질 및 신뢰성에 많은 관심이 기울여지고 있다. 시간을 고려한 품질인 신뢰성에 초점을 맞추지 못하다 보니 기업에서는 수명주기적 측면에서 품질비용이 더욱 상승하게 되었다. 이에 양산되는 제품이나 로트에 대한 신뢰성 검사는 더욱더 절실해지고 있다[1, 2]. 특히 보통 수명시험에서는 사용조건에서 수명 시험을 하므로 신뢰도가 높은 제품에 대해서는 가속시험을 채택할 수밖에 없다[3].

샘플링검사는 아이템의 수명이 지수분포를 따르는 경우 많이 사람이 검사방식을 제안했다[4, 5]. 지수분포 이외에 다른 분포의 경우에도 샘플링검사방식이 제안되었다. 일부 연구자는 제품의 수명이 와이블분포를 따르는 경우 각 스트레스 수준에서 시험종료시점의 기댓값과 동일하다는 제약하에 검정통계량의 점근분산을 최소화 하는 정수중단 검사방식을 제안하였다[6, 7].

제품의 신뢰성이 규정된 신뢰성 요구에 합치되는지 판정하기 위한 시험인 고장률시험, 내구성 시험, 신뢰성 보증시험, 신뢰성 실증시험은 목표신뢰성을 달성했는지 판단할 수 있는 기준설계가 중요하다. 산업계에서 부품 공급기업들은 수요기업으로부터 납품할 부품이 요구하는 신뢰성 수준을 만족함을 증명해 달라는 요구를 자주 받는다. 한 가지 사례로서 미국의 자동차 생산기업 GM은 자사에 납품할 전장품 기업에게 ‘전장품은 10년 10만 마일 사용했을 때 신뢰도가 97% 이상 됨을 신뢰수준 50%로 입증하라’는 신뢰성 요구를 받았다[8].

그런데 이와 같은 신뢰성 요구조건을 검증해 보려면 어떻게 해야 할까? 이를 위해서는 신뢰성 요구조건 의 요소들이 무엇인지 따져보아야 한다. 통상적으로 신뢰성 요구조건에는 최소한 3가지가 포함되어야 한다. 즉, 신뢰성 평가척도의 종류, 요구 신뢰성 수준, 신뢰수준이 그 3가지이다. 신뢰성 수준을 어떤 척도로 나타낼 것인지, 그 척도를 기준으로 어느 정도의 수준을 요구할 것인지, 그리고 어느 정도의 확신을 가지고 입증하기를 바라는지에 대하여 명확히 제시해야 제품의 신뢰성 수준을 요구한 대로 검증할 수 있다[5].

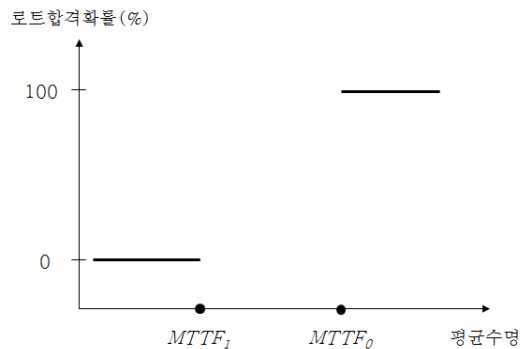
이와 같은 신뢰성 요구조건이 제시되었을 때 신뢰성을 입증하는 방법으로 신뢰성 샘플링검사방식이 이용된

다. 신뢰성 샘플링검사방식은 판정하는 방식에 따라 계량형과 계수형으로 나뉜다. 계량형은 시험결과 얻어진 고장 데이터를 이용하여 관심 있는 신뢰성 평가척도(평균수명, 고장률, 신뢰도 등)를 추정한 후 추정값을 목표 값과 비교하여 합격 여부를 판정하는 방식이다. 계수형은 시험결과 발생한 고장수를 허용고장수와 비교하여 합격 여부를 판정하는 방식이다[9, 10]. 이에 본 논문의 2.1절에서는 신뢰성 샘플링검사 방식에 존재하는 오류에 대하여 알아보고, 2.2절에서는 계수형 신뢰성 샘플링 검사 방식에 대해 살펴보고, 2.3절에서는 계량형 신뢰성 샘플링검사 방식에 대해 알아보고, 마지막 3절에서 논문을 요약한다.

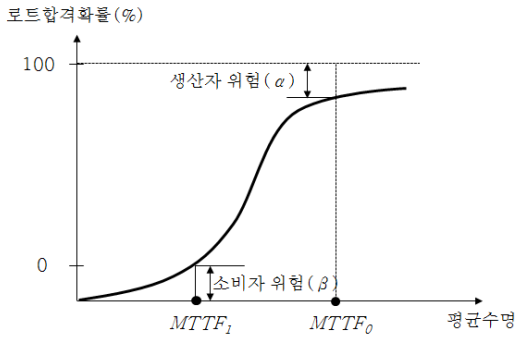
## 2. 본론

### 2.1 OC 곡선

바이어의 요구에 따라  $MTTF$ 가 10년 이상 되는지 확인하고자 하는 경우를 고려해 보자. 이상적인 판정이 되려면 실제 제품의  $MTTF$ 가 10년 이상인 경우에는 100% 합격되고, 10년보다 훨씬 작은 5년 이하인 경우에는 100% 불합격이 되어야 한다([그림 1] 참조). 하지만 이와 같은 판정은 샘플링한 시험품의 시험결과로부터 판정하기 때문에 현실적으로 불가능하다. 실제 판정에는 [그림 2]와 같은 2가지 오류가 존재한다.



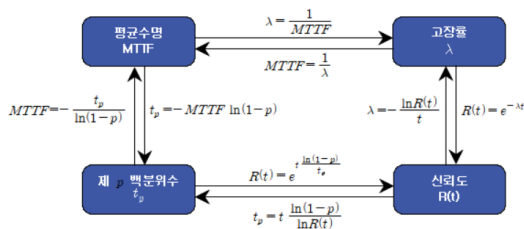
[그림 1] 이상적인 OC 곡선



[그림 2] 현실적인 OC 곡선

[그림 2]에서 생산자 위험은 평균수명이 합격시키고자 하는 수준인데도 불구하고 로트를 불합격시킬 확률( $\alpha$ ), 즉, 신뢰성이 좋은데도 불구하고 불합격시킬 확률이며, 소비자 위험은 평균수명이 불합격시키고자 하는 수준인데도 불구하고 로트를 합격시킬 확률( $\beta$ ), 즉 신뢰성이 좋지 않은데도 불구하고 합격시킬 확률이다. OC 곡선(operating characteristic curve)은 [그림 2]에서 나타냈듯이 평균수명의 값에 따른 합격확률을 나타낸 것이다. 앞에서 생산자 위험, 소비자 위험, OC 곡선에 대하여 설명할 때 신뢰성 평가척도로서 평균수명을 사용하여 설명하였지만, 평균수명만 해당되는 것은 아니고 고장률, 신뢰도 등의 다른 신뢰성 평가척도도 사용 가능하다.

고장률 이외의 다른 신뢰성 평가척도에 대하여 신뢰성 샘플링검사를 설계하는 경우 수명이 지수분포를 따른다면 [그림 3]과 같은 관계를 이용하여 고장률로 표현한 후 샘플링검사 계획을 세울 수 있다.



[그림 3] 신뢰성 평가척도 사이의 관계

예를 들면, 10년 사용하였을 때 신뢰도가 95% 이상됨을 보증하는 것은 다음과 같은 계산식에 의하여 고장

률이 585FIT 이하됨을 보증하는 것과 동일하다.

## 2.2 계수형 신뢰성 샘플링검사

계수형 신뢰성 샘플링검사 방식은  $n$ 개의 시험품을 샘플링하여  $T$  시간 시험한 후 고장수가 허용고장수( $c$ ) 이하로 발생하면 합격시킨다. 이때  $n, T, c$ 를 결정하는 것을 신뢰성 샘플링검사의 설계라고 한다.  $n, T, c$ 를 결정할 때 생산자 위험을 고려하는 경우, 소비자 위험을 고려하는 경우, 생산자 위험과 소비자 위험을 모두 고려하는 경우가 있다. 각각의 경우에 대하여 [표 1]과 같은 관련 규격이 있다[11, 12, 13].

[표 1] 신뢰성 샘플링검사 관련 규격

| 구분              | 관련 규격                        |
|-----------------|------------------------------|
| 생산자 위험을 고려하는 경우 | MIL-HDBK-108                 |
| 소비자 위험을 고려하는 경우 | MIL-STD-690                  |
| 모두 고려하는 경우      | MIL-HDBK-108,<br>MIL-STD-781 |

최근 산업계에서는 소비자 중심으로 시험기준을 정하기 때문에 주로 소비자 위험을 고려하여 신뢰성 샘플링검사를 설계한다. 따라서 이 절에서는 소비자 위험만 고려한 경우를 살펴본다.

### 2.2.1 수명분포가 지수분포를 따르는 경우

관심 있는 신뢰성 평가척도가 제품의 고장률일 때 고장률이 미리 정한 고장률[LTFR: Lot Tolerance Failure Rate(로트허용고장률)] 이하가 되는지 확인하기 위해 계수형 신뢰성 샘플링검사가 실시된다. 이와 같은 시험을 고장률시험이라고 한다. 이때 설계기준은 제품의 고장률이 불합격시키고자 하는 고장률(이를 로트 허용고장률이라고 부름)일 때 합격확률이  $\beta$ 이하가 되도록 하는 것이다. 즉, 소비자 위험이  $\beta$ 이하가 되도록 하는 것이다. 이때  $1-\beta$ 는 불합격시키고자 하는 신뢰성 수준을 갖는 제품들이 실제로 불합격될 확률로 신뢰수준 (Confidence Level)이 된다. 그러므로 결국 신뢰수준  $(1-\beta) \times 100\%$ 에서 제품의 고장률이 LTFR 수준인지 확인하

기 위한 신뢰성 샘플링검사를 설계하는 것이다. 이와 같은 신뢰성 샘플링검사를 설계하는 방법은 다음과 같다. 로트의 고장률이  $\lambda$  ( $LTFR$ )일 때 합격확률은 다음과 같다.

$$P(X \leq c | \lambda) = \sum_{x=0}^c \frac{m^x e^{-m}}{x!}$$

여기서  $X$ 는  $n$ 개의 시험품수를 각각  $T$ 시간 동안 시험했을 때 나오는 고장수로  $X$ 의 기댓값  $E(X) = m = n\lambda T$ 이다. 따라서 로트의 고장률이 로트 허용고장률( $\lambda$ )일 때 합격확률을  $\beta$  이하가 되도록 한다는 것은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P(X \leq c | \lambda) = \sum_{x=0}^c \frac{(n\lambda T)^x e^{-n\lambda T}}{x!} \leq \beta$$

그런데  $X$ 는 파라미터가  $n\lambda T$ 인 포아송분포를 따르므로 앞의 식은 다음과 같이 바꿀 수 있다.

$$P(X \leq c | \lambda) = P(Y \geq 2n\lambda T | \lambda) \leq \beta,$$

여기서  $Y \sim \chi^2(2c+2)$ 임  
이로부터 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$2n\lambda T \geq \chi^2(\beta; 2c+2) \rightarrow n \geq \frac{\chi^2(\beta; 2c+2)}{2\lambda T}$$

따라서 앞의 식을 만족하도록  $n, T, c$ 를 결정하면 신뢰수준  $(1-\beta) \times 100\%$ 에서 제품의 고장률이  $LTFR$  이하임을 확인할 수 있다.

[사례 1] 알루미늄 전해 커패시터의 신뢰성 인증을 위한 평가기준인 RS C 005에서는 알루미늄 전해 커패시터의 고장률 수준(단, 최고 허용 사용온도에서의 고장률 수준 기준)이  $1.0 \times 10^{-5}/h$  이하임을 인증하기 위하여 다음과 같이 시험한다.

- 시험조건: 최고 허용 사용온도, 정격전압 인가
- 시험시간: 2,000시간
- 허용고장수: 0
- 신뢰수준: 60%

이때 필요한 시료수는 다음과 같이 계산되므로 최소 46개는 필요하다.

$$n \geq \frac{\chi^2(\beta; 2c+2)}{2\lambda T} = \frac{\chi^2(0.4; 2)}{2 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 2000} = 45.8145$$

시간을 단축하기 위하여 시험을 가속조건에서 실시하는 경우에는 가속계수( $AF$ : Acceleration Factor)를 적용하여 정상 사용조건에서의  $LTFR$ 을 가속조건에서의 고장률수준으로 환산해야 한다. 정상 사용조건에서의  $LTFR$ 이  $\lambda$ 이고, 가속계수가  $af$ 일 때 가속조건에서의  $LTFR$ 은  $af \cdot \lambda$ 이다. 이때 필요한 시료수는 다음과 같이 결정된다.

$$n \geq \frac{\chi^2(\beta; 2c+2)}{2(af \cdot \lambda) T_a}$$

여기서  $T_a$ 는 가속조건에서의 시험시간이다.

수명분포가 지수분포를 따르는 경우에 대한 신뢰성 샘플링검사에 대하여 규격화한 MIL-STD-690C에서는 표를 이용하여 시료수를 결정할 수 있도록 [표 2]와 같은 표가 제시되어 있다. [표 2]에는 보증하고자 하는 고장률 수준과 허용하는 고장수에 따라서 요구되는 총 누적시험시간(시료수×시험시간)이 제시되어 있다. 즉, 고장률 수준이 0.1%/1000h임을 보증하기 위하여 허용하는 고장수를 1로 정한다면 시료수와 시험시간의 곱이 2,020,000시간이 되어야 한다. 시험시간이 2000시간이라면 1,010개의 시료가 필요하다.

[표 2] 신뢰수준 60%일 때 고장률 수준에 따른 시료수와 시험시간

| 기호 | 고장률 수준<br>(%/1000h) | 시료수×시험시간(단위:<br>1,000,000시간) |      |      |
|----|---------------------|------------------------------|------|------|
|    |                     | c=0                          | c=1  | c=2  |
| M  | 1.0                 | .0916                        | .202 | .311 |
| P  | 0.1                 | .916                         | 2.02 | 3.11 |
| R  | 0.01                | 9.16                         | 20.2 | 31.1 |
| S  | 0.001               | 91.6                         | 202  | 311  |

$c$ 는 허용하는 고장수이다.

그러므로 [사례 1]의 경우 고장률 수준이 1.0%/1000h이고 허용고장수가 0, 시험시간이 2000시간이므로 [표 2]를 이용하면 시료수는 다음 식에 의하여 46개로 결정된다.

$$\text{시료수} = 0.0916 \times 1,000,000 / 2000 = 45.8$$

### 2.2.2 수명분포가 와이블분포를 따르는 경우

제품의 고장형태가 마모고장인 경우 수명분포로 와이블분포를 적용하고, 신뢰성 평가척도로서 B100p 수명을 주로 사용한다. 이 경우 제품의 B100p 수명이 미리 정한 수준 이상 됨을 보증하기 위한 계수형 신뢰성 샘플링 검사는 수명분포가 지수분포를 따르는 경우와 방식은 동일하고 단지 시료수를 계산하는 식이 다음과 같다[14].

$$n \geq \left(\frac{\tau^*}{T}\right)^\gamma \times \frac{\chi_\beta^2(2c+2)}{2} \times \frac{1}{\ln \frac{1}{1-p}}$$

여기서  $n$ 은 시료수,  $\tau^*$ 는 보증하고자 하는 B100p 수명,  $T$ 는 시험시간,  $\gamma$ 는 와이블분포의 형상모수,  $(1-\beta) \times 100\%$ 는 신뢰수준,  $c$ 는 허용고장수이다. 앞 식에서 알 수 있듯이 보증하고자 하는 B100p수명과 시험시간이 동일한 경우 시료수는 와이블분포의 형상모수에 의존하지 않는다.

가속조건에서 시험하여 B100p수명을 보증하고자 하는 경우에는 보증하고자 하는 B100p수명을 가속계수를 적용하여 가속조건에서의 시간으로 바꾸어 주거나, 시험시간을 정상 사용조건에서의 시간으로 바꾸어 주면 된다.

[사례 2] 진구 제조업체에서 바이어로부터 구입하고자 하는 진공전구의  $B_{10}$  수명이 3년 이상 됨을 신뢰수준 90%로 보증해 달라는 요구를 받았다. 이때 바이어에게 요구받은 신뢰성을 입증할 수 있는 신뢰성 샘플링 검사를 설계하고자 한다. 단, 시험시간을 단축하기 위해 전압을 정격전압보다 30% 높은 조건에서 시험하는 가속 시험을 적용한다. 시험시간은 보증하고자 하는 수명과 동일하게 하고, 허용고장수는 0으로 정한다. 진공전구의 경우 전압에 의하여 고장이 가속되고, 다음과 같은 가속 모델이 잘 맞는 것으로 알려져 있다.

$$L = AV^{-r}$$

단,  $L$ 은 수명,  $V$ 는 전압,  $A$ 와  $r$ 은 상수인데 진공전구의 경우  $r$ 값은 13으로 알려져 있다.

전압을 정격전압보다 30% 높은 조건에서 시험하는 경우 가속계수는 다음과 같이 계산된다.

$$AF = (1.3)13 = 30$$

가속계수를 적용하면 보증하고자 하는 B10수명 3년

은 가속조건에서 다음과 같은 시간에 해당한다.

$$\frac{3\text{년}}{30} = \frac{1\text{년}}{10} = \frac{365 \times 24\text{시간}}{10} = 876\text{시간}$$

시험시간을 보증하고자 하는 수명과 동일하게 876시간으로 정하고 허용고장수를 0으로 정하므로 다음 식으로부터 시료수는 다음과 같다.

$$n \geq \frac{\chi_{0.1}^2(2 \times 0 + 2)}{2} \times \frac{1}{\ln \frac{1}{1-0.1}} = 21.85435$$

따라서 22개를 정격전압의 130% 조건에서 876시간 동안 시험하여 고장이 1개도 발생하지 않으면 신뢰수준 90%에서 진구의 B10수명이 3년 이상 된다고 볼 수 있다.

### 2.3 계량형 신뢰성 샘플링검사

계량형 신뢰성 샘플링검사방식은 정시중단시험의 경우  $n$ 개의 시험품을 샘플링하여 일정 시간 시험한 후 MTBF의 추정값  $\hat{\theta}$ 을 구하고, 이 값이 합격판정값  $c$ 보다 크거나 같으면 합격 처리하고, 그렇지 않으면 불합격 처리하는 방식이다. 계량형 샘플링검사에서 다음과 같은 기호를 사용한다.

MTBF =  $\theta$ , MTBF의 상한 =  $\theta_0$ , MTBF의 하한 =  $\theta_1 (< \theta_0)$ , MTBF의 추정값 =  $\hat{\theta}$

따라서 좋은 품질의 로트[예를 들어, MTBF가  $\theta_0$  (=1000)로 높음]는 가능하면 합격시키고( $1-\alpha=0.95$ ) 나쁜 품질의 로트[예를 들어, MTBF가  $\theta_1$  (=500)로 낮음]는 가능하면 불합격시켜서( $\beta=0.1$ ) 소비자 및 생산자 양쪽을 만족시키는 샘플링검사계획을 세우고자 한다.

계량형 신뢰성 샘플링검사방식은 어떤 기준으로 시험을 중단하는가에 따라 정수중단시험과 정시중단시험으로 나뉜다. 정수중단시험은 미리 정한 수만큼의 고장이 발생하면 시험을 중단하는 방법이고, 정시중단시험은 미리 정한 시간만큼 시험 후 시험을 중단하는 방법이다. 여기에서는 정수중단시험의 경우에 대해서만 알아본다.

정수중단시험은  $n$ 개의 표본에 대해 시험하여 일정한 개수가 고장 나면 시험을 중단한다.  $n$ 개 중  $r$ 번째가 고

장 나는 시점에 시험을 중단하는 경우  $\frac{2T}{\theta} = \frac{2r\hat{\theta}}{\theta} \sim \chi^2(2r)$  을 이용하여 검사계획을 세운다. 고장시간이 지수분포를 따른다는 가정하에 제1종 오류를 범할  $\alpha$ (생산자 위험)와 제2종 오류를 범할 오류  $\beta$ (소비자 위험)를 만족하는  $\theta_0$ 와  $\theta_1$ 의 값은 다음의 관계에 있으므로 시행착오를 거쳐 우선  $r$ 을 구할 수 있으며

$$\frac{\theta_1}{\theta_0} \leq \frac{\chi_{1-\alpha}^2(2r)}{\chi_{\beta}^2(2r)}$$

$c$ 는 제1종 오류를 범할  $\alpha$ 를 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$c = \frac{\theta_0}{2r} \chi_{1-\alpha}^2(2r)$$

한편, 본 논문에는 제시하지 않았지만 표를 이용하는 경우  $\frac{\theta_1}{\theta_0}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ 가 만나는 칸에서  $r$ 과  $\frac{c}{\theta_0}$ 를 구하고  $n$ 개의 샘플 중  $r$ 개가 고장 날 때까지 시험하여 얻은 데이터로 평균수명의 추정값( $\hat{\theta}$ )을 구한 후 그 값이  $c$  이상이면 로트를 합격시킨다.

[사례 3] 샘플링검사표를 이용하여 MTBF의 상한값  $\theta_0 = 1000$ 시간, MTBF의 하한값  $\theta_1 = 200$ 시간을  $\alpha = 0.05$ ,  $\beta = 0.1$ 로 보증하고자 하는 샘플링검사방식을 구하고자 한다. 이 시험의 경우  $\theta_1/\theta_0 = 200/1000=1/5$  이므로  $r=4$ ,  $c/\theta_0=0.342$ 이다. 따라서 합격판정시간  $c=0.342 \times 1000=342$ 시간이다. 그러므로  $n$ 개( $4 \leq n$ )를 샘플링하여  $r=4$ 개가 고장 날 때까지 시험하여, 여기서 얻어진 데이터에 의거하여 MTBF의 추정값  $\hat{\theta}$ 를 구하고, 이 값이 합격판정값  $c=342$ 시간보다 크거나 같으면 합격 처리하고, 그렇지 않으면 불합격 처리한다.

### 3. 결론

제품의 신뢰성이 한층 요구되는 요즘 시간을 고려한 품질인 신뢰성이 확보되었는지 점검할 필요성이 높아졌

다. 이에 본 논문에서는 로트의 신뢰성을 보증할 수 있는 샘플링검사 방식에 대해 살펴보았다. 우선 아이템의 신뢰성이 요구수준에 합치하는지 보는 시험으로는 고장률시험, 내구성시험 등이 있으며, 이런 시험에서 요구되는 것은 신뢰성 평가척도, 요구 신뢰성 수준, 신뢰수준의 3가지임을 확인했다.

다음으로 OC곡선은 요구하는 신뢰성 평가척도의 수준에 따른 로트의 합격확률을 2차원상에 그린 그림이다. 샘플링검사에서는 평균수명이 길다고 모든 로트가 합격되는 것이 아니고, 평균수명이 짧다고 모든 로트가 불합격되는 것은 아니므로 생산자와 소비자 모두 만족시킬 수 있는 위험 수준을 쌍방 합의하에 먼저 정하고, 샘플링검사계획을 세워야 한다.

다음으로 계수형 샘플링검사란  $n$ 개의 시험품을 샘플링하여 T시간 시험한 후 고장수가  $c$ (허용고장수) 이하로 발생하면 해당 로트를 합격시키는 것이다. 본 논문에서는 현장에서 많이 이용하는 지수분포와 와이블분포의 경우 샘플링검사계획을 어떻게 세우는지 살펴보았다.

다음으로 계량형 샘플링검사란  $n$ 개의 시험품을 샘플링하여 일정 시간 시험한 후 MTBF의 추정값  $\hat{\theta}$ 를 구하고, 이 값이 합격판정값  $c$ 보다 크거나 같으면 해당 로트를 합격시키는 것이다. 정수중단시험과 정시중단시험이 있는데, 여기에서는 정수중단시험의 경우만 살펴보았다.

본 논문에서는 제품의 신뢰성을 평가하기 위한 방안으로 데이터가 계수형인 경우와 계량형인 경우 두 가지로 나누어 샘플링검사계획을 어떻게 세우는지 살펴보았다. 구체적으로 몇 개의 샘플이 필요한지, 그리고 구체적으로 어떤 통계량을 구하고, 어떤 기준으로 로트를 합격시키는지 알아보았는데, 이를 통해 기업은 생산자 위험을 일정 수준 감수하고, 소비자는 소비자 위험을 일정 수준 감수하면서 제품이 포함된 로트의 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 산업현장에서 많이 사용하는 지수분포와 와이블분포의 경우 샘플링검사계획은 어떻게 세우는지 살펴보았는데, 현실적으로는 다른 분포가 더욱 적절할 수 있다. 따라서 지수분포와 와이블분포이외에 어떤 분포가 적절한지 살펴보고, 이들 기타 분포의 경우에는 샘플링검사계획이 어떻게 되어야 하는지 알아보려 한다.

## References

- [1] 강보청·조재립(2002). 소비자 보호를 위한 선별형 샘플링검사와 신뢰성 샘플링검사의 최적설계에 관한 연구. 품질경영학회지, 30(1), 74~96.
- [2] 조재립(2000). 비용을 고려한 신뢰성 샘플링검사 설계에 관한 연구. 산업경영시스템학회지, 23(59), 97~103.
- [3] 정민(2000). 와이블분포에서 형상모수의 변화를 고려한 가속수명시험 샘플링검사방식의 설계. 학위논문(석사).
- [4] Epstein, B. and Sobel, M.(1953). Life Testing. Journal of the American Statistical Association, 48, 485~564.
- [5] 백재욱·박정원(2023). 신뢰성공학. 한국방송통신대학교출판부.
- [6] 김종길·전봉룡(2004). 신뢰성 로트보증 샘플링검사 방식. 대한안전경영과학회 춘계학술대회, 145~151.
- [7] Nelson, W.(1982). Applied life data analysis. John Wiley and Sons.
- [8] GMW 3172(2022). General Specification for Electrical/Electronic Component Analytical/Development/Validation Procedures for Conformance to Vehicle Environmental, Reliability, and Performance Requirements.
- [9] 유춘번외 7인(2021). 최신 ISO-KS 기반 통계적 품질관리. 민영사.
- [10] 정영배·염경철(2015). 개정된 KSQ-ISO 규격이 적용된 통계적 품질관리. 성안당.
- [11] MIL-STD-690D(2005). Failure Rate Sampling Plans and Procedures.
- [12] MIL-HDBK-108(1960). Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing(Based on Exponential Distribution), Depart of Defence, Washington D.C.
- [13] MIL-HDBK-781(1996). Handbook for Reliability Test Methods, Plans and Environments for Engineering, Development Qualification, and Production.
- [14] 김명수·유동수(2001). 신뢰성 평가를 위한 기본 개

념과 시험조건 결정. 제2회 부품·소재 신뢰성 워크숍, 기술표준원과 신뢰성학회 주최.

### 백 재 욱(Baik, Jai Wook)



- 1992년 04월~ 현재 : 한국방송통신대학교 통계·데이터과학과 교수
- 1986년 09월~ 1991년 05월 : 미국 Virginia Polytechnic Institut and State University 통계학박사
- 1983년 09월~ 1986년 05월 : 미국 University of Wisconsin-Madison 통계학석사
- 1976년 03월~ 1983년 02월 : 중앙대학교 응용통계학과 학사
- 관심분야 : 통계학, 생산관리
- E-Mail : jbaik@knou.ac.kr