

## 研究論文

## 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획

최 병 철\* · 천 영 민\*\*

\*전북대학교 수학과통계정보과학부, \*\*전북대학교 대학원 컴퓨터통계정보학과

## Modified Two-Level Skip-Lot Sampling Plans

Byoung Chul Choi\*, Young Min Chun\*\*

\*Division of Mathematics and Statistical Informatics, Chonbuk National University

\*\*Dept. of Computer and Statistical Informatics, Graduate School, Chonbuk National University

## Abstract

Skip-lot sampling plans for lot-by-lot inspection are more desirable than the continuous sampling plans for units in modern mass production system under the condition of the submitted product is good. Perry(1973a, 1973b) extended the Dodge(1955)'s skip-lot sampling plans to single and two-level skip-lot sampling plans and Parker & Kessler (1981) modified Perry(1973a)'s plans so that a sample of size one is taken from every lot skipped during the skipping mode. In this paper, Perry(1973b)'s two-level skip-lot sampling plans are modified by applying Parker & Kessler's plan, designated as MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3. Operating characteristic(OC) functions, average sample numbers(ASN) and average outgoing qualities(AOQ) for the proposed plans are derived using Markov chain properties and compared each other and Perry's plans. The proposed plans not only reduce the ASN but also avoid the danger skipping lots entirely when the lots are produced during sudden "out-of-control".

## 1. 서론

Dodge(1955)는 연속생산형 샘플링 검사 계획(continuous sampling inspection plan; CSP)을 확장하여 스킵-로트 샘플링 검사계획(skip-lot sampling inspection plan; SkSP-1)을 설계하였고, Perry(1973a)는 Dodge의 검사계획 SkSP-1을 스킵핑모수(구분의 크기

$1/f$ 과 연속적으로 합격해야 될 로트의 수  $i$ )를 자유롭게 선택할 수 있는 1단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(SkSP-2)으로 발전시켰으며, 또 Perry(1973b)는 검사계획 SkSP-2를 평균검사갯수(ASN)를 줄일 수 있도록 세 종류의 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들(Plan2L.1, Plan2L.2, Plan2L.3)로 확장하였다.

이들 스킵-로트 샘플링 검사계획들의

목적은 샘플링검사가 정규검사(reference sampling plan)와 스킵-로트 검사로 나뉘어져, 불량률이 갑자기 높아지면 정규검사를 통하여 출검품질을 높이고 불량률이 낮아 품질이 우수하면 스킵-로트 검사를 통하여 검사비용을 줄이고자 한 것이다. 따라서 대량생산체제에서는 공정이 안정되어 있고 제품의 품질이 우수하다면 스킵-로트 샘플링 검사계획이 검사시간과 검사비용을 줄일 수 있다는 측면에서 일반적인 연속생산형 샘플링 검사계획보다 효율적이다.

그러나 스킵-로트 샘플링 검사계획들은 공정불량률이 갑자기 높아져 스킵되는 로트의 합격에서 오는 위험이 큰 경우에는 적용하기에 어려움이 있다. 그래서 Parker & Kessler (1981)는 Perry(1973a)의 검사계획(SkSP-2)을 보완하여 수정된 스킵-로트 샘플링 검사계획(modified skip lot sampling plan; MSkSP)을 제안하였다. 이 검사계획 MSkSP는 Perry (1973a)의 검사계획 SkSP-2의 스킵-로트 검사과정 중 스킵되는 로트마다 하나의 시료를 추가로 추출하여 로트의 합격여부를 결정하기 때문에 SkSP-2보다 평균검사갯수는 증가하지만 출검품질을 보증할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 제조공정의 이상으로 인해 불량률이 갑자기 높아지거나 의약품과 같이 불량품이 섞이면 위험한 경우 검사계획 MSkSP가 검사비용은 높아지지만 SkSP-2보다 효율적이다.

본 논문에서는 Perry(1973b)가 제안한 세 가지 형태의 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들의 각 스킵-로트 검사단계에 Parker & Kessler(1981)의 검사계획을 적용하여 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(modified two-level skip-lot sampling plan;

MTSkSP)을 설계하고자 한다.

제 2절에서는 3종류의 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들(MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3)을 설계하여, 스키핑모수에 따른 검사특성곡선(OC곡선)을 도출하여 그 성질을 규명하고, 평균검사갯수(ASN)와 평균출검품질(AOQ)도 구하여 검사계획 Plan2L1, Plan2L2 그리고 Plan2L3등과 비교한다. 제 3절에서는 본 논문의 결과를 요약 정리한다.

## 2. 수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획

### 2.1 샘플링 검사계획의 설계

수정된 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들(MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3)의 검사과정은 다음과 같다.

- (1) 세 종류의 검사계획 모두 주어진 Reference 샘플링 검사계획을 이용하여 모든 로트를 검사하는 정규검사에서 시작한다.
- (2) MTSkSP1, MTSkSP2 : 정규검사에서 연속적으로  $i$ 개의 로트가 합격될 때에는 구분의 크기가  $1/f_1$ 인 제 1단계검사로 전환한다.  
MTSkSP3 : 정규검사에서 연속적으로  $i$ 개의 로트가 합격하되 마지막으로 합격한 로트가
  - (a)  $i$ 번째 로트이면 구분의 크기가  $1/f_2$ 인 제 2단계검사로 전환한다.
  - (b)  $i$ 번째 로트 이후이면 구분의 크기가  $1/f_1$ 인 제 1단계 검사로 전환한다.
- (3) MTSkSP1, MTSkSP2 : 제 1단계검사에서 연속적으로  $j$ 개의 로트가 합격될 때

에는 구분의 크기가  $1/f_2$ 인 제 2단계검사로 전환한다.

MTSkSP3 : 제 1단계검사에서 로트가 합격되면 제 1단계검사를 계속한다.

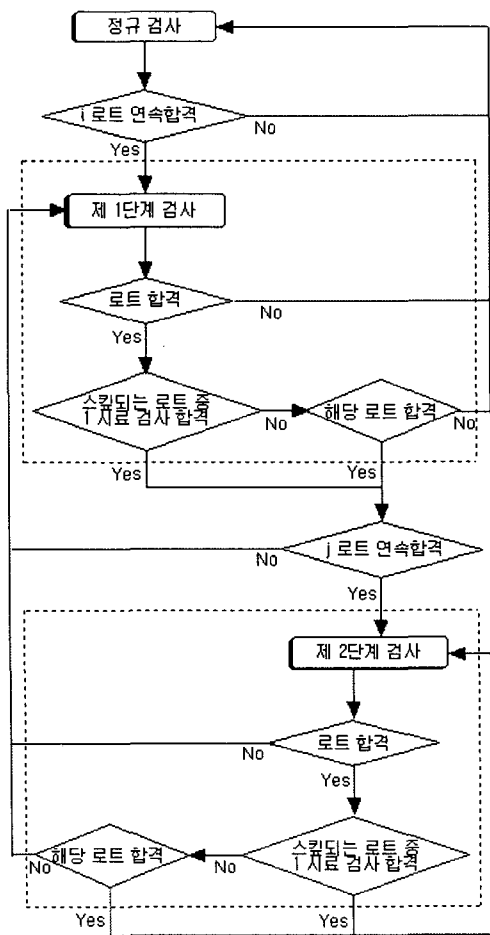
(4) 검사계획 모두 제 2단계검사에서 로트가 합격되면 제 2단계검사를 계속한다.

(5) 검사계획 모두 제 1단계검사에서 로트가 불합격될 때에는 정규검사로 전환한다.

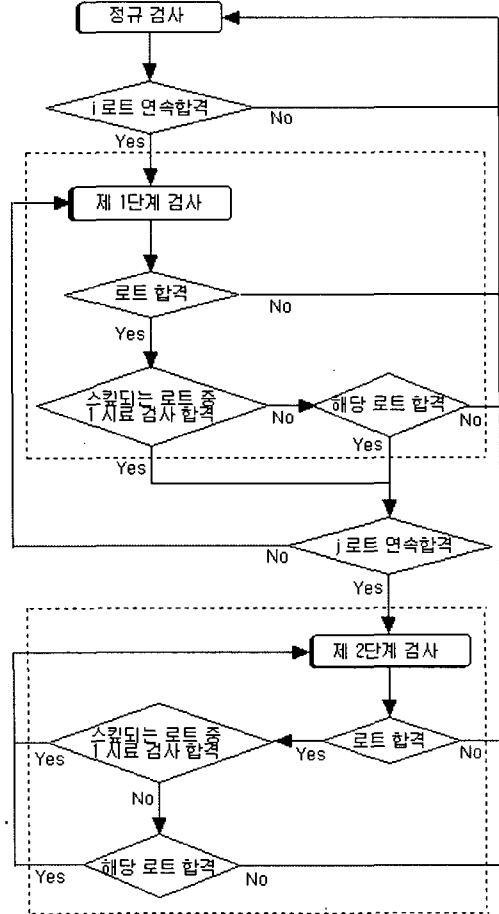
(6) MTSkSP1 : 제 2단계검사에서 로트가 불합격될 때에는 제 1단계검사로 전환한다.

MTSkSP2, MTSkSP3 : 제 2단계검사에서 로트가 불합격될 때에는 정규검사로 전환한다.

이 계획들의 흐름도는 각각 <그림 1>, <그림 2> 그리고 <그림 3>과 같다



<그림 1> MTSkSP1의 흐름도



<그림 2> MTSkSP2의 흐름도

### 2.2 검사특성곡선

앞으로 본 논문에서  $P$ 는 불량률이  $p$ 인 크기  $N$ 의 로트로부터 크기  $n$ 의 표본을 추출하여 불량품의 개수가  $c$ 개 이하이면 로트를 합격시키고  $c+1$ 개 이상이면 로트를 불합격시키는 샘플링 검사(Reference 샘플링 검사)에서 로트가 합격될 확률이라 하고,  $Q=1-P$ 라 하자. 그리고 이  $P$ 는 초기하분포를 이항분포로 근사시킨 다음 식에 의해서 계산되어진다.

$$P = \sum_{x=0}^c P(x, n | p, N).$$

$$\cong \sum_{x=0}^c \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}.$$

세 종류의 수정된 2단계 스윙-로트 샘플링 검사계획에서 로트가 합격될 확률을 구하기 위해서 마코프 연쇄 방법을 이용하기로 한다. 검사계획 MTSkSP1, MTSkSP2에 대한 마코프 연쇄의 상태공간은

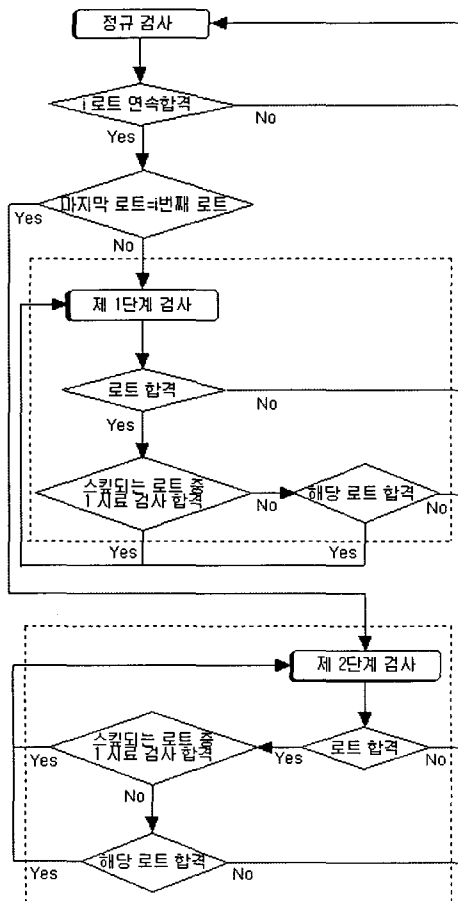
$$\{NR, N_1, \dots, N_i, S_1A_1, \dots, S_1A_j, S_1R, S_2A, S_2R\}$$

이고, MTSkSP3에 대한 마코프 연쇄의 상태공간은

$$\{NR, N_1, \dots, N_i, S_1A, S_1R, NN_1, \dots, NN_i, S_2A, S_2R\}$$

이다. 이들 상태공간의 모든 원소는 Perry (1973b)의 용어를 그대로 사용하기로 하고, 이 검사계획들에 대한 상태공간은 다음과 같이 정의한다.

- $NR$  : 정규검사에서 로트가 불합격된 상태,
- $N_k$  : MTSkSP1과 MTSkSP2에서는 정규검사에서 연속적으로 합격된 로트의 수가  $k(k=1, 2, \dots, i)$ 인 상태이고 MTSkSP3에서는 정규검사에서 불합격 로트가 한 번이라도 발생한 후 연속적으로 합격된 로트의 수가  $k$ 인 상태,
- $NN_k$  : MTSkSP3의 정규검사에서 불합격 로트가 발생하지 않은 상태에서 연속적으로 합격된 로트의 수가  $k(k=$



<그림 3> MTSkSP3의 흐름도

1,2, ...,i)인 상태,

*SIAI* : MTSkSP1과 MTSkSP2에서 구분의 크기 1/f1인 제 1단계 검사에서 합격된 로트의 수가  $l(l=1,2,\dots,j$  ( $=i/f$ ))인 상태,

*SIA* : MTSkSP3의 구분의 크기 1/f1인 제 1 단계 검사에서 로트가 합격된 상태,

*SIR* : 구분의 크기 1/f1인 제 1단계 검사에서 로트가 불합격된 상태,

*S2A* : 구분의 크기 1/f2인 제 2단계 검사에서 로트가 합격된 상태,

*S2R* : 구분의 크기 1/f2인 제 2단계 검사에서로트가 불합격된 상태.

위 검사계획들의 1단계 추이확률행렬들 T1, T2 그리고 T3는 각각 <표 1>, <표 2> 그리고 <표 3> 과 같다. 이들 표에서

$u_1$ 과  $u_2$ 는 각각

$$u_1 = f_1+d-f_1d, u_2 = f_2+d-f_2d \quad (2.1)$$

이고,  $d$  는 스퀵-로트검사 단계에서 스퀵되는 로트로부터 추출된 시료가 불량일 확률로 공정의 불량률  $p$ 와 구별하였다.

추이확률행렬들은 모두 유한(finite)하고, 재귀적(recurrent)이며, 불가분적(irreducible)이고 비주기적(aperiodic)인 마코프 연쇄의 성질을 갖고 있으므로 정상확률들  $\pi_i$ 를 으르다음과 같은 방정식(Parzen,1962)에 의해서 유일하게 얻을 수 있다.

$$\pi_i = \sum_j \pi_j P_{ji}, \text{ 모든 상태 } i \text{ 에 대하여,}$$

$$\sum_i \pi_i = 1,$$

<표 1> MTSkSP1 추이확률행렬 T1

	NR	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	...	...	N <sub>(i-1)</sub>	N <sub>i</sub>	S <sub>1A1</sub>	S <sub>1A2</sub>	S <sub>1A3</sub>	...	...	S <sub>1A<sub>j-1</sub></sub>	S <sub>1A<sub>j</sub></sub>	S <sub>1R</sub>	S <sub>2A</sub>	S <sub>2R</sub>
NR	Q	P																
N <sub>1</sub>	Q		P															
N <sub>2</sub>	Q			P														
⋮	⋮				⋱													
⋮	⋮					⋱												
N <sub>(i-2)</sub>	Q						P											
N <sub>(i-1)</sub>	Q							P										
N <sub>i</sub>									1-Q <sub>u1</sub>							Q <sub>u1</sub>		
S <sub>1A1</sub>										1-Q <sub>u1</sub>						Q <sub>u1</sub>		
S <sub>1A2</sub>											⋱					⋮		
⋮												⋱				⋮		
⋮													⋱			⋮		
S <sub>1A<sub>j-1</sub></sub>															1-Q <sub>u1</sub>	Q <sub>u1</sub>		
S <sub>1A<sub>j</sub></sub>																	1-Q <sub>u2</sub>	Q <sub>u2</sub>
S <sub>1R</sub>	Q	P																
S <sub>2A</sub>																	1-Q <sub>u2</sub>	Q <sub>u2</sub>
S <sub>2R</sub>									1-Q <sub>u1</sub>							Q <sub>u1</sub>		

※ 원소가 없는 곳은 0이다.

〈표 2〉 MTSkSP2 추이확률행렬 T2

	NR	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	...	...	N <sub>(i-1)</sub>	N <sub>i</sub>	S <sub>1A1</sub>	S <sub>1A2</sub>	S <sub>1A3</sub>	...	...	S <sub>1A<sub>j-1</sub></sub>	S <sub>1A<sub>j</sub></sub>	S <sub>1R</sub>	S <sub>2A</sub>	S <sub>2R</sub>
NR	Q	P																
N <sub>1</sub>	Q		P															
N <sub>2</sub>	Q			P														
⋮	⋮				⋮													
⋮	⋮					⋮												
N <sub>(i-2)</sub>	Q						P											
N <sub>(i-1)</sub>	Q							P										
N <sub>i</sub>									1-Q <sub>u1</sub>							Q <sub>u1</sub>		
S <sub>1A1</sub>										1-Q <sub>u1</sub>						Q <sub>u1</sub>		
S <sub>1A2</sub>											⋮					⋮		
⋮												⋮				⋮		
⋮													⋮			⋮		
S <sub>1A<sub>j-1</sub></sub>															1-Q <sub>u1</sub>	Q <sub>u1</sub>		
S <sub>1A<sub>j</sub></sub>																	1-Q <sub>u2</sub>	Q <sub>u2</sub>
S <sub>1R</sub>	Q	P																
S <sub>2A</sub>																	1-Q <sub>u2</sub>	Q <sub>u2</sub>
S <sub>2R</sub>	Q	P																

※ 원소가 없는 곳은 0이다.

〈표 3〉 MTSkSP3 추이확률행렬 T3

	NR	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	...	...	N <sub>(i-1)</sub>	N <sub>i</sub>	S <sub>1A</sub>	S <sub>1R</sub>	NN <sub>1</sub>	NN <sub>2</sub>	NN <sub>3</sub>	...	...	NN <sub>(i-1)</sub>	NN <sub>i</sub>	S <sub>2A</sub>	S <sub>2R</sub>
NR	Q	P																	
N <sub>1</sub>	Q		P																
N <sub>2</sub>	Q			P															
⋮	⋮				⋮														
⋮	⋮					⋮													
N <sub>(i-2)</sub>	Q						P												
N <sub>(i-1)</sub>	Q							P											
N <sub>i</sub>									1-Q <sub>u1</sub>	Q <sub>u1</sub>									
S <sub>1A</sub>									1-Q <sub>u1</sub>	Q <sub>u1</sub>									
S <sub>1R</sub>	Q										P								
NN <sub>1</sub>	Q											P							
NN <sub>2</sub>	Q												P						
⋮	⋮													⋮					
⋮	⋮														⋮				
⋮	⋮															⋮			
NN <sub>(i-1)</sub>	Q																P		
NN <sub>i</sub>																		1-Q <sub>u2</sub>	Q <sub>u2</sub>
S <sub>2A</sub>																		1-Q <sub>u2</sub>	Q <sub>u2</sub>
S <sub>2R</sub>	Q										P								

※ 원소가 없는 곳은 0이다.

단,  $P_{ji}$ 는 상태  $j$ 에서 상태  $i$ 로 가는 1단계 추이확률이다.

정상확률들 중  $\pi_{NR}$ ,  $\pi_{S1R}$ ,  $\pi_{S2R}$ 들을 이용하여 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3의 검사특성함수를 구하면 각각

$$\begin{aligned}
 P_a^1(f_1, f_2; i) &= 1 - P_r(\text{로트 불합격}) \\
 &= 1 - (\pi_{NR} + \pi_{S1R} + \pi_{S2R}) \\
 &= 1 - \frac{[1 - (1 - Qu_1)^i] + (1 - Qu_1)^i P^i}{[1 - (1 - Qu_1)^i](1 - P^i)} \pi_{NR} \\
 &= \frac{Pu_1u_2[1 - (1 - Qu_1)^i] + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2 + Pu_1u_2)(1 - Qu_1)^i]P^i}{u_1u_2[1 - (1 - Qu_1)^i] + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2 + u_1u_2)(1 - Qu_1)^i]P^i}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_a^2(f_1, f_2; i) &= \frac{Pu_1u_2 + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2)(1 - Qu_1)^i]P^i}{u_1u_2 + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2)(1 - Qu_1)^i]P^i}
 \end{aligned}$$

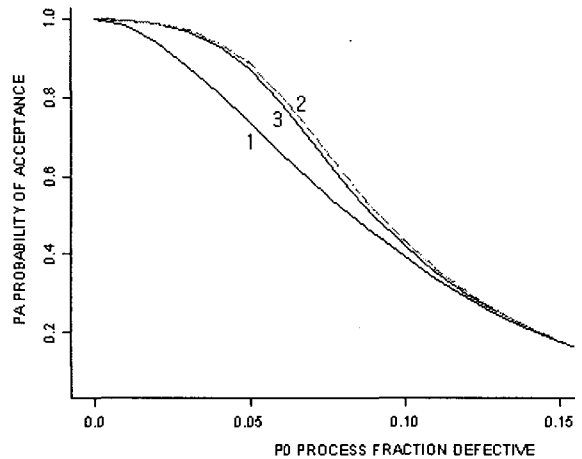
$$\begin{aligned}
 P_a^3(f_1, f_2, i) &= \frac{Pu_1u_2 + u_2(1 - u_1)P^i + (u_1 - u_2)P^{2i}}{u_1u_2 + u_2(1 - u_1)P^i + (u_1 - u_2)P^{2i}}
 \end{aligned}$$

와 같다.

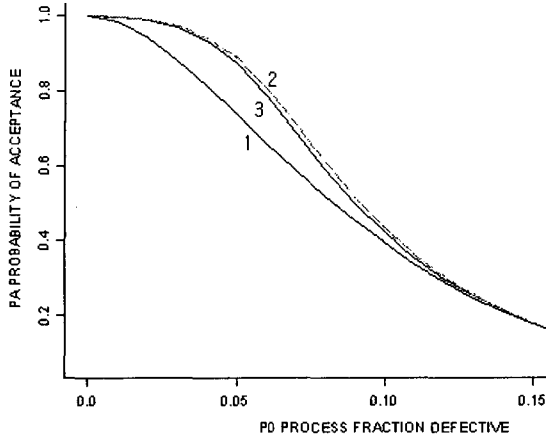
### 2.3 검사특성곡선의 비교

<그림 4>, <그림 5>와 <그림 6>은  $n=20$ ,  $c=1$ 인 Reference 샘플링 검사계획에 따른 검사계획들 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3의 검사특성곡선(OC곡선)들을

Perry(1973b)의 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들(Plan2L.1, Plan2L.2, Plan2L.3)의 검사특성곡선들과 비교한 것이다. 각 그림에서 검사특성곡선을 MTSkSP1( $1/f_1, 1/f_2$ ;  $i$ )등으로 나타내었는데,  $1/f_1$ 과  $1/f_2$ 는 각 단계별 스킵-로트 검사에서 구분의 크기이며,  $i$ 는 연속적으로 합격해야될 로트의 수를 나타낸다. 또 <그림 7>은  $n=20, c=1$ 인 Reference 샘플링 검사계획에 따른 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3의 검사특성곡선들을 서로 비교한 것이다.

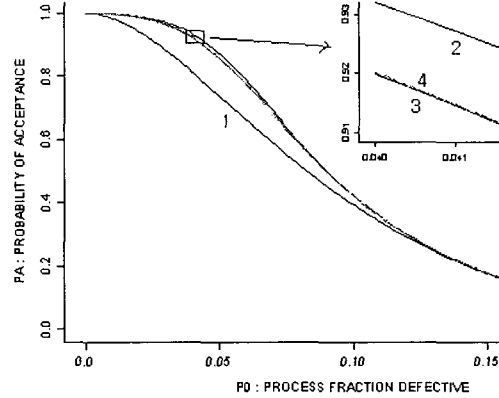


1 : Reference Plan ( $n:20, c:1$ )  
 2 : Plan2L.1 ( $1/4, 1/6; 4$ )  
 3 : MTSkSP1 ( $1/4, 1/6; 4$ )  
 <그림 4> Plan2L.1과 MTSkSP1의 OC 곡선 비교



- 1 : Reference Plan ( $n:20, c:1$ )
- 2 : Plan2L.2 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )
- 3 : MTSkSP2 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )

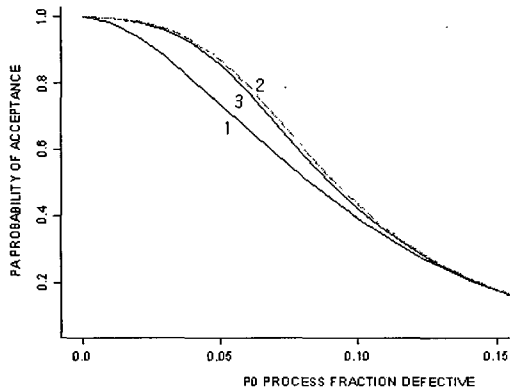
<그림 5> Plan2L.2와 MTSkSP2의 OC 곡선 비교



- 1 : Reference Plan ( $n:20, c:1$ )
- 2 : MTSkSP1 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )
- 3 : MTSkSP2 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )
- 4 : MTSkSP3 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )

<그림 7> MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3의 OC 곡선 비교

<그림 4>, <그림 5>, <그림 6> 그리고 <그림 7>의 주어진 조건에서 다음과 같은 사실을 알 수 있다.



- 1 : Reference Plan ( $n:20, c:1$ )
- 2 : Plan2L.3 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )
- 3 : MTSkSP3 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )

<그림 6> Plan2L.3와 MTSkSP3의 OC 곡선 비교

- (1) 로트의 불량률이 0.015 이하일 때에는 스킵-로트 샘플링 검사계획들 모두 로트가 합격될 확률이 99% 이상으로 거의 같다.
- (2) 로트의 불량률에 무관하게 검사계획 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3 들은 각각 검사계획 Plan2L.1, Plan2L.2, Plan2L.3들보다 로트가 합격될 확률이 낮다.
- (3) 로트의 불량률에 무관하게 검사계획 MTSkSP2, MTSkSP3 그리고 MTSkSP1 순으로 로트가 합격될 확률이 높아진다.

## 2.4 평균검사갯수

서론에서 언급했던 스킵-로트 샘플링 검사계획의 장점은 검사비용을 줄일 수 있다는 것이다. 검사비용을 줄인다는 것은 검사갯수를 줄인다는 것이므로 평균검사갯수



(ASN)가 검사계획을 비교하는 중요한 척도 중의 하나가 될 수 있다. 평균검사갯수는 로트당 조사된 시료들의 평균갯수로 정의된다.

검사계획들 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3에서 정규검사나 스퀵-로트 검사중 검사된 로트들의 평균검사갯수는 Reference 샘플링 검사계획의 평균검사갯수 ASN(R)과 같으며, 각 스퀵된 로트중 추출된 1개의 시료가 합격한 로트들의 평균검사갯수는 1이 되고, 그 시료가 불합격한 로트들의 평균검사갯수는 ASN(R)+1이 된다. 여기서 단축검사는 실시하지 않는 것으로 가정한다. 즉, 로트가 합격되거나 불합격될 것이 확실하더라도 그 나머지 시료들은 조사되는 것으로 간주한다. Parker&Kessler(1981)와 유사한 방법으로 검사계획들 MTSkSP1, MTSkSP2, 그리고 MTSkSP3의 평균검사갯수(ASN)를 구하면

$$\begin{aligned}
 &ASN(MSkSP) \\
 &= [1 - (\alpha + \beta)] \cdot ASN(R) \\
 &\quad + \alpha \cdot f_1 \cdot ASN(R) \\
 &\quad + \alpha \cdot (1 - f_1) \cdot (1 - d) \\
 &\quad + \alpha \cdot (1 - f_1) \cdot d \cdot [ASN(R) + 1] \\
 &\quad + \beta \cdot f_2 \cdot ASN(R) \\
 &\quad + \beta \cdot (1 - f_2) \cdot (1 - d) \\
 &\quad + \beta \cdot (1 - f_2) \cdot d \cdot [ASN(R) + 1] \quad (2.2)
 \end{aligned}$$

이 된다. 여기에서  $d$ 는 스퀵-로트 검사단계에서 스퀵된 로트로부터 추출된 시료가 불량일 확률이고,  $\alpha$ 는 제 1단계검사서 통과된 제품이 차지하는 비율이며,  $\beta$ 는 제 2단계검사서 통과된 제품이 차지하는 비율인데 검사계획 MTSkSP1에서의  $\alpha$ 와  $\beta$ 는

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \pi_{S1A1} + \dots + \pi_{S1Aj} + \pi_{S1R} \\
 &= \frac{P^i}{Qu_1(1 - P^i)} \pi_{NR} \\
 &= \frac{u_2[1 - (1 - Qu_1)^j]P^i}{u_1u_2[1 - (1 - Qu_1)^j] + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2 + u_1u_2)(1 - Qu_1)^j]P^i}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= \pi_{S2A} + \pi_{S2R} \\
 &= \frac{1}{Qu_2} \frac{(1 - Qu_1)^j}{1 - (1 - Qu_1)^j} \frac{P^i}{1 - P^i} \pi_{NR} \\
 &= \frac{u_1(1 - Qu_1)^jP^i}{u_1u_2[1 - (1 - Qu_1)^j] + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2 + u_1u_2)(1 - Qu_1)^j]P^i}
 \end{aligned}$$

이고 MTSkSP2에서는

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \pi_{S1A1} + \dots + \pi_{S1Aj} + \pi_{S1R} \\
 &= \frac{[1 - (1 - Qu_1)^j]P^i}{Qu_1(1 - P^i)} \pi_{NR} \\
 &= \frac{u_2[1 - (1 - Qu_1)^j]P^i}{u_1u_2 + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2)(1 - Qu_1)^j]P^i}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= \pi_{S2A} + \pi_{S2R} = \frac{(1 - Qu_1)^j}{Qu_2} \frac{P^i}{1 - P^i} \pi_{NR} \\
 &= \frac{u_1(1 - Qu_1)^jP^i}{u_1u_2 + [u_2(1 - u_1) + (u_1 - u_2)(1 - Qu_1)^j]P^i}
 \end{aligned}$$

이며 MTSkSP3에서는

$$\alpha = \pi_{S1A} + \pi_{S1R} = \frac{P^i}{Qu_1} \pi_{NR}$$

$$= \frac{u_2(1 - P^i)P^i}{u_1u_2 + u_2(1 - u_1)P^i + (u_1 - u_2)P^{2i}},$$

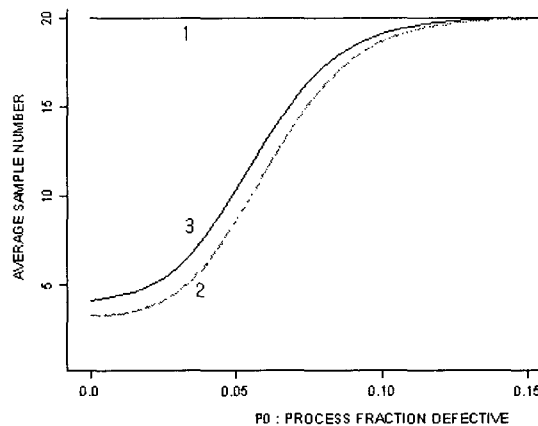
$$\beta = \pi_{S2A} + \pi_{S2R} = \frac{1}{Qu_2} \frac{P^{2i}}{1 - P^i} \pi_{NR}$$

$$= \frac{u_1P^{2i}}{u_1u_2 + u_2(1 - u_1)P^i + (u_1 - u_2)P^{2i}}$$

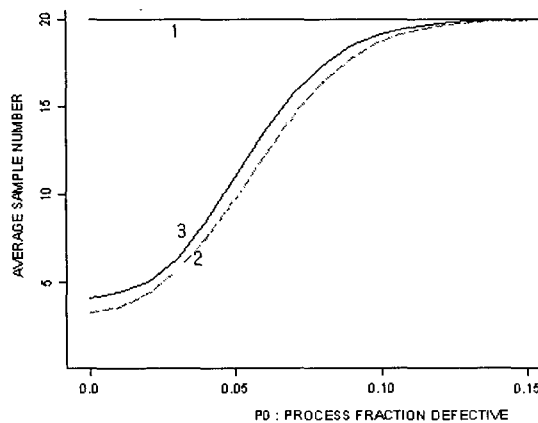
이다. 여기에서  $u_1, u_2$ 는 각각 식(2.1)의  $u_1, u_2$ 와 같다.

식 (2.2)에서 첫 번째 항은 정규검사에서 검사되는 평균검사갯수, 두 번째 항은 제 1 단계검사에서 검사되는 평균검사갯수, 세 번째 항은 제 1단계검사에서 스킵되는 로트에서 뽑은 시료가 합격이 되는 평균검사갯수, 네 번째 항은 제 1단계검사에서 스킵되는 로트에서 뽑은 시료가 불합격인 로트의 평균검사갯수, 다섯 번째 항은 제 2 단계검사에서 검사되는 평균검사갯수, 여섯 번째 항은 제 2단계검사에서 스킵되는 로트에서 뽑은 시료가 합격이 되는 평균검사갯수, 그리고 마지막 항은 제 2단계검사에서 스킵되는 로트에서 뽑은 시료가 불합격인 로트의 평균검사갯수이다.

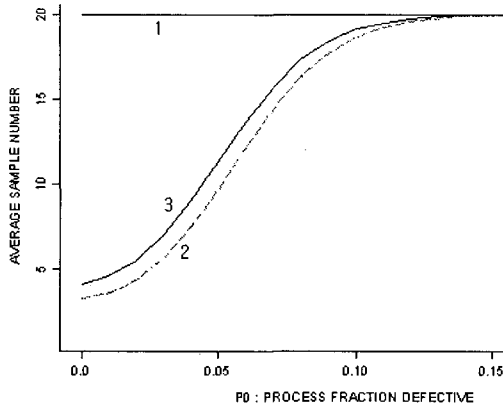
<그림 8>, <그림 9>와 <그림 10>은  $n=20, c=1$ 인 Reference 샘플링 검사계획에 따른 검사계획들 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3의 평균검사갯수들을 Perry (1973b)의 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들(Plan2L.1, Plan2L.2, Plan2L.3)의 평균검사갯수들과 비교한 것이다. 또 <그림 11>은  $n=20, c=1$ 인 Reference 샘플링 검사계획에 따른 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고



1 : Reference Plan ( $n=20, c=1$ )  
 2 : Plan2L.1 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )  
 3 : MTSkSP1 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )  
 <그림 8> Plan2L.1과 MTSkSP1의 ASN 곡선 비교

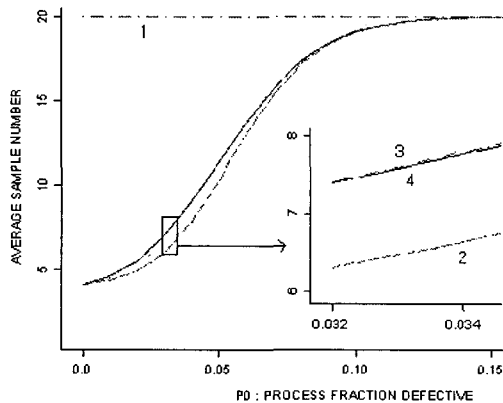


1 : Reference Plan ( $n=20, c=1$ )  
 2 : Plan2L.2 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )  
 3 : MTSkSP2 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )  
 <그림 9> Plan2L.2와 MTSkSP2의 ASN 곡선 비교



- 1 : Reference Plan (n=20, c=1)
- 2 : Plan2L.3 (1/4, 1/6 ; 4)
- 3 : MTSkSP3 (1/4, 1/6 ; 4)

<그림 10> Plan2L.3와 MTSkSP3의 ASN 곡선 비교



- 1 : Reference Plan (n=20, c=1)
- 2 : MTSkSP1 (1/4, 1/6 ; 4)
- 3 : MTSkSP2 (1/4, 1/6 ; 4)
- 4 : MTSkSP3 (1/4, 1/6 ; 4)

<그림 11> MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3의 ASN 곡선 비교

MTSkSP3의 평균검사갯수를 비교한 것이다. <그림 8>, <그림 9>, <그림 10> 그리고 <그림 11>의 주어진 조건하에서 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

- (1) 로트의 불량률이 15%에 가까워지면 모든 검사계획들의 평균검사갯수가 거의 같아진다.
- (2) 불량률 15% 이하에서는 로트의 불량률에 무관하게 평균검사갯수는 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3의 평균검사갯수가 각각 Plan2L.1, Plan2L.2 그리고 Plan2L.3의 평균검사갯수보다 많아진다.
- (3) 불량률 15% 이하에서는 로트의 불량률에 무관하게 MTSkSP2, MTSkSP3, MTSkSP1의 순으로 평균검사갯수가 낮아진다.

### 2.5 평균출검품질

샘플링검사에서 OC곡선과 평균검사갯수 외에 검사계획들을 비교하기 위해 사용되는 또 다른 평가도구는 평균출검품질(AOQ)이다. 평균출검품질은 샘플링 검사후의 로트 전체의 평균불량률이다. Reference 샘플링 검사계획에서의 검사후 로트의 평균출검품질은 박성현(1995)에 의해

$$AOQ(R) = \frac{P \cdot p(N-n)}{N}$$

이다. 여기서 N은 로트의 크기, n은 시료의 크기, p는 로트의 불량률, P는 로트가 합격될 확률을 나타낸다. 만약 로트의 크기 N이 시료의 크기 n에 비하여 상당히 크다면 근사적으로

$$AOQ(R) \approx P \cdot p$$

가 된다.

정규검사와 스윙-로트 샘플링 검사단계에서 검사되는 로트의 평균출검품질은 Reference 샘플링 검사의 평균출검품질 AOQ(R)과 같으며, 스윙되는 로트의 평균출검품질은 로트의 불량률과 같다. 따라서 일반적인 스윙-로트 샘플링 검사계획(SkSP)의 평균출검품질은 Lee등(1996)에 의해

$$AOQ(SkSP) = AFI(SkSP) \cdot AOQ(R) + [1 - AFI(SkSP)] \cdot p$$

가 되며, 여기에서 평균검사비율(average fraction inspected : AFI)은 검사에 흘러 들어오는 로트중 실제로 조사되는 로트의 비율로서  $AFI = 1 - (1-f)\alpha$ 이다.

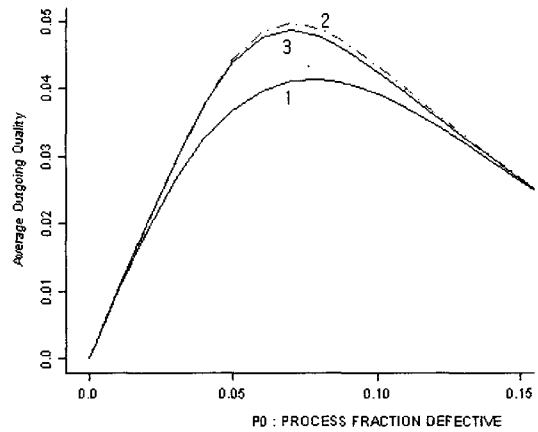
그러므로 수정된 2단계 스윙-로트 샘플링 검사계획(MTSkSP)의 평균출검품질은

$$AOQ(MTSkSP) = AFI(MTSkSP) \cdot AOQ(R) + [1 - AFI(MTSkSP)] \cdot p$$

가 된다. 제 1단계 스윙-로트 검사에서 검사되지 않은 제품의 비율은  $(1-f_1)\alpha$ 이고 제 2단계 스윙-로트 검사에서 검사되지 않은 제품의 비율은  $(1-f_2)\beta$ 이므로 평균검사비율 AFI(MTSkSP)는  $1 - (1-f_1)\alpha - (1-f_2)\beta$ 이다. 여기에서 2.4절에서 정의한 것과 같이  $\alpha$ 는 제1단계 스윙-로트 검사에서 통과된 제품이 차지하는 비율이고,  $\beta$ 는 제2단계 스윙-로트 검사에서 통과된 제품이 차지하는 비율이다.

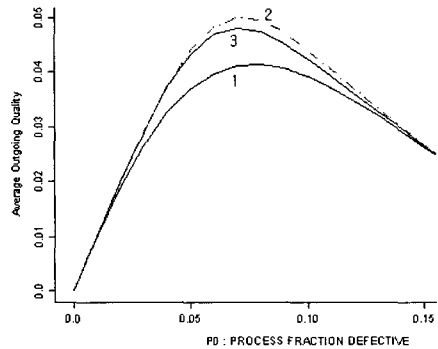
<그림 12>, <그림 13>과 <그림 14>는  $n=20, c=1$ 인 Reference 샘플링 검사계획에 따른 수정된 2단계 스윙-로트 샘플링 검사계획들(MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3)의 평균출검품질들을 Perry(1973b)의 2단계 스윙-로트 샘플링 검사계획들(Plan2L.1,

Plan2L.2, Plan2L.3)의 평균출검품질들과 비교한 것이다. 또 <그림 15>는  $n=20, c=1$ 인 Reference 샘플링 검사계획에 따른 MTSkSP1, MTSkSP2 그리고 MTSkSP3의 평균출검품질을 비교한 것이다.



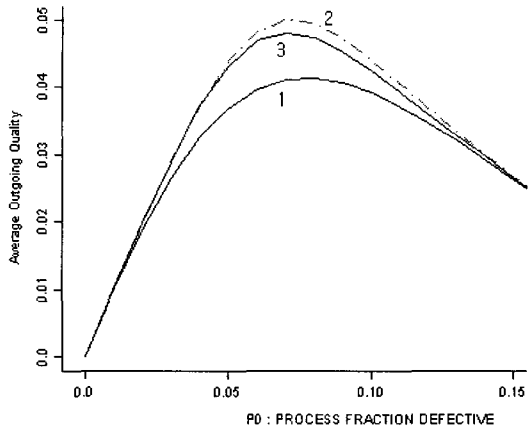
- 1 : Reference Plan ( $n=20 ; c=1$ )
- 2 : Plan2L.1 (1/4, 1/6 ; 4)
- 3 : MTSkSP1 (1/4, 1/6 ; 4)

<그림 12> Plan2L.1과 MTSkSP1의 AOQ 곡선 비교



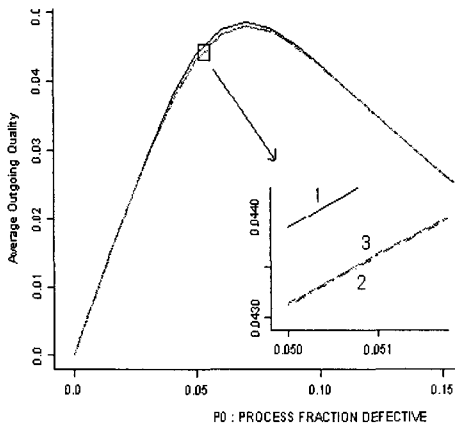
- 1 : Reference Plan ( $n=20 ; c=1$ )
- 2 : Plan2L.2 (1/4, 1/6 ; 4)
- 3 : MTSkSP2 (1/4, 1/6 ; 4)

<그림 13> Plan2L.2와 MTSkSP2의 AOQ 곡선 비교



- 1 : Reference Plan ( $n=20 ; c=1$ )
- 2 : Plan2L.3 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )
- 3 : MTSkSP3 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )

<그림 14> Plan2L.3와 MTSkSP3의 AOQ 곡선 비교



- 1 : MTSkSP1 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )
- 2 : MTSkSP2 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )
- 3 : MTSkSP3 ( $1/4, 1/6 ; 4$ )

<그림 15> MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3의 AOQ 곡선 비교

<그림 12>, <그림 13>, <그림 14> 그리고 <그림 15>의 주어진 조건하에서 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

- (1) 로트의 불량률에 무관하게 검사계획 MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3의 평균출검품질이 각각 Plan2L.1, Plan2L.2, Plan2L.3의 평균출검품질보다 낮는데, 이것은 평균검사갯수의 순서와는 반대임을 알 수 있다.
- (2) 로트의 불량률에 무관하게 검사계획 MTSkSP2, MTSkSP3, MTSkSP1 순으로 평균출검품질이 높아짐을 알 수 있는데 이것은 검사특성곡선의 순서와는 같고 평균검사갯수와는 반대임을 알 수 있다.
- (3) 로트의 불량률이 7% 근방일 때 검사계획 MTSkSP1, MTSkSP2, MTSkSP3의 평균 출검품질이 최대값, AOQL (Average Outgoing Quality Limit)을 가진다.
- (4) 로트의 불량률이 7%까지는 평균출검품질이 급격히 증가하나 7% 이상에서는 완만하게 감소한다.

지금까지 수정된 2단계 스윙-로트 샘플링 검사계획들의 검사특성곡선, 평균검사갯수, 평균출검품질 등을 Perry(1973b)의 검사계획들과 그래프를 통하여 살펴 본 결과 주어진  $f_1, f_2, i$  하에서 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

- (1) 제안한 스윙-로트 샘플링 검사계획들은 Perry(1973b)의 검사계획들에 비해 로트가 합격될 확률과 평균출검품질은 낮아지고 평균검사갯수는 많아진다.
- (2) 제안한 스윙-로트 샘플링 검사계획들은 MTSkSP2, MTSkSP3 그리고 MT

SkSP1의 순으로 로트가 합격될 확률이 높아지며 평균검사갯수는 적어지고 평균출검품질은 높아짐을 알 수 있다.

### 3. 결론 및 요약

본 논문에서 제안한 검사계획은 검사비용의 절감과 스킵되는 로트에 대한 위험부담을 줄인다는 두 가지 측면을 모두 고려한 검사계획이다. 주어진 스킵핑 모수하에서 검사계획들을 비교한 결과 제안한 검사계획들이 Perry(1973b)의 검사계획들보다는 로트가 합격될 확률과 평균출검품질은 낮고 평균검사갯수는 많은 것으로 나타났으며 MTSkSP2, MTSkSP3 그리고 MTSkSP1의 순으로 로트가 합격될 확률이 높아지며 평균검사갯수는 적어지고 평균출검품질은 높아짐을 알 수 있었다.

제안한 검사계획은 스킵되는 로트마다 시료 한 개씩을 추가로 추출하여 검사하였기 때문에 로트마다 품질을 보증해야 하는 경우 Perry(1973b)의 검사계획보다 더 유효한 검사계획이라고 할 수 있다. 하지만 스킵되는 로트마다 하나의 시료를 추출하여 검사를 하기 때문에 검사계획을 설계하고 검사계획을 적용하는 절차가 복잡하다는 단점이 있다. 따라서 공정이 상당히 안정되어 있는 경우에는 평균검사갯수가 가장 적은 검사계획인 MTSkSP1을 적용하고, 공정이 안정되어 있지 않은 경우에는 평균출검품질이 낮은 MTSkSP2 또는 MTSkSP3을 적용하는 것이 바람직함을 알 수 있다. 또한 제 1단계 스킵-로트 검사와 제 2단계 스킵-로트 검사 사이의 전환이 없는 검사계획인 MTSkSP3

이 MTSkSP1 또는 MTSkSP2보다 적용하는데 용이함을 알 수 있다.

참고로 제안한 검사계획은 Choi(1993)의 다단계 스킵-로트 샘플링 검사계획으로 확장하여 적용할 수도 있겠다.

### 참고 문헌

- [1] 박성현(1995) 「통계적 품질관리」, 민영사.
- [2] Choi, B. C.(1993). "Multi-Level Skip-Lot Sampling Plan," 「응용통계 연구」, Vol. 6, No. 2, pp. 277-287.
- [3] Dodge, H. F.(1943). "A Sampling Inspection Plan for Continuous Production," Annals of Mathematical Statistics, Vol. 14, No. 3, pp. 264-279
- [4] Dodge, H. F.(1955). "Skip-Lot Sampling Plan," Industrial Quality Control, Vol. 11, No. 5, pp. 3-5.
- [5] Lee, I. S, Cho, G. Y. and Kim, H. R.(1996). "Multi-Level Skip-Lot Sampling Plan-Average Fraction Inspected Properties," 「한국통계학회논문집」, Vol. 3, No. 2, pp. 151-159.
- [6] Parker, R. D. and Kessler, L.(1981). "A Modified Skip-Lot Sampling Plan," Journal of Quality Technology, Vol. 13, No. 1, pp. 31-35.
- [7] Parzen, E.(1962). "Stochastic Processes," San Francisco : Holden-Day
- [8] Perry, R. L.(1973a). "Skip-lot

Sampling Plans," Journal of Quality Technology, Vol. 5, No. 3, pp. 123-130.

- [9] Perry, R. L.(1973b). "Two-Level Skip -lot Sampling Plan - operating characteristic properties," Journal of Quality Technology, Vol. 5, No. 4, pp. 160-166.