

## 3종류의 다단계 스킵-로트 샘플링 검사계획의 비교

최 병 철<sup>1)</sup>, 강 찬 기<sup>2)</sup>

### 요 약

본 연구에서는 가장 수월한 검사계획의 성격을 띠는 Choi(1993)의 검사계획과 까다로운 검사계획의 성격을 띠는 Choi(1995)의 검사계획의 중간 단계인 보통검사계획의 성격을 띠는 사슬모양의 다단계 스킵-로트 샘플링 검사계획을 설계하였다. 이 검사계획에서는 각 단계의 검사에서 정해진 갯수의 로트가 연속적으로 합격될 때에는 다음 단계의 검사로, 로트가 불합격될 때에는 그 전 단계의 검사로 전환하도록 되어 있다. 마코프 연쇄를 이용하여 사슬모양의 3단계 스킵-로트 샘플링 검사계획의 검사특성곡선, 평균검사갯수와 평균출검품질을 구하여 Choi(1993) 및 Choi(1995)의 검사계획들과 그 성질을 비교하였다.

### 1. 서 론

샘플링 검사에서 그 검사량이 방대할 경우, 제품의 품질이 우수하고 공정이 안정되어 있다면, 로트 자체를 추출단위로 하는 스킵-로트 샘플링 검사계획(Skip-Lot Sampling Inspection Plan)이 검사시간 및 검사비용 절감의 측면에서 일반적인 샘플링 검사보다 더 효율적이다. Dodge(1955)는 연속생산형 샘플링 검사계획(CSP)을 확장하여 로트 자체를 추출단위로 하는 스킵-로트 샘플링 검사계획(SkSP-1)을 제안하였다. 이것은 연속적으로 합격되어야 할 로트의 수( $i$ )가 14이고, 구분의 크기( $1/f$ ,  $0 < f < 1$ )가 2인 검사계획이다. Perry(1973a)는 Dodge의 검사계획을 검사자가  $f$ 와  $i$ 를 자유롭게 선택할 수 있는 1단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(SkSP-2)으로 일반화하였고, 이 검사계획을 Perry(1973b)는 각 단계마다  $i$ 는 일정하고  $f$ 를 다르게 할 수 있는 3가지 형태의 2단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(Plan2L.1, Plan2L.2, Plan2L.3)으로 확장하였다. 또, Parker와 Kessler(1981)는 Perry(1973a)의 검사계획을 수정하여 스킵 되는 로트로부터 하나 이상의 로트를 추출하여 검사하는 수정된 1단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(MSkSP)을 제안하였으며, Choi(1993), Choi(1995), 최병철과 이은주(1995)는 Perry(1973b)의 검사계획을  $n$ 단계로 확장, 일반화하여 각 단계마다  $f$ 뿐만 아니라  $i$ 까지도 자유롭게 선택할 수 있는 다단계 스킵-로트 샘플링 검사계획(MLSkSP1, MLSkSP2, Split2-SkSP3)들을 제안하였다. 또 Lee 등 (1996)은 Choi (1993)의 검사계획의 평균검사갯수와 평균출검품질의 성질을 규명하였다. 본 연구에서는 가장 수월한 검사계획의 성격을 띠는

1) (561-756) 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14. 전북대학교 통계학과 교수.

2) (561-756) 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14. 전북대학교 통계학과 대학원.

Choi(1993)의 검사계획 MLSkSP1과 까다로운 검사계획의 성격을 띄는 Choi(1995)의 검사계획 MLSkSP2의 중간 단계의 검사계획, 즉 보통검사계획의 성격을 띄는 사슬모양의 다단계 스윙-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP3을 설계하였다. 이 검사계획에서는 각 단계의 검사에서 미리 정해진 갯수의 로트가 연속적으로 합격될 때에는 다음 단계의 검사로, 로트가 불합격될 때에는 그 전 단계의 검사로 전환한다.

제 2절에서는 스윙-로트 샘플링 검사계획을 설계하고, 제 3절에서  $i$ 와  $f$ 값에 따른 검사특성 곡선(OC곡선), 평균검사갯수(ASN)와 평균출검품질(AOQ)을 구하여 제4절에서 검사계획들 MLSkSP1, MLSkSP2와 그 성질을 비교하였다.

## 2. 샘플링 검사계획의 설계

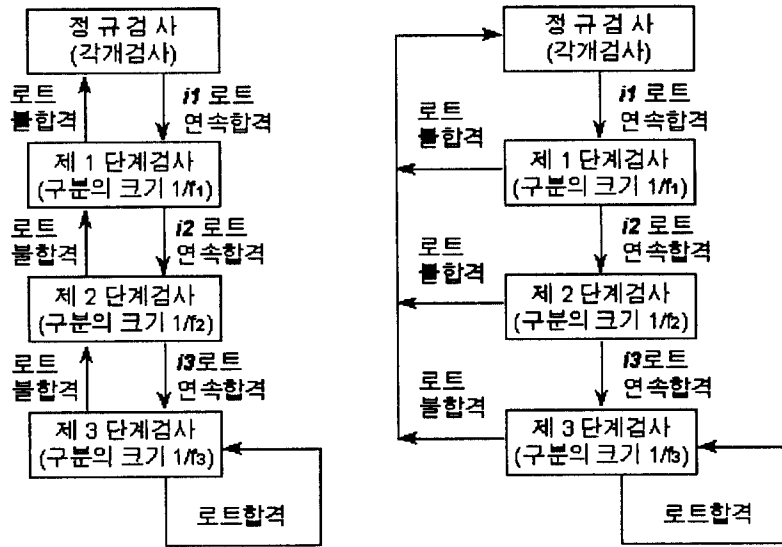
사슬모양의  $n$ 단계 스윙-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP3의 검사과정은 다음과 같다.

- (1) 주어진 기준 샘플링 검사계획(Reference Sampling Plan)을 이용하여 모든 로트를 검사하는 정규검사에서 시작한다.
- (2) 정규검사서 연속적으로  $i_1$ 개의 로트가 합격될 때에는 구분의 크기가  $1/f_1$ 인 1단계 검사로 전환한다.
- (3)  $k$ 단계 검사에서,  $k = 1, 2, \dots, n-1$ , 연속적으로  $i_{k+1}$ 개의 로트가 합격될 때에는 구분의 크기가  $1/f_{k+1}$ 인  $k+1$ 단계 검사로 전환한다.
- (4)  $n$ 단계 검사에서 로트가 합격하면  $n$ 단계 검사를 계속한다.
- (5) 1단계 및 2단계 검사에서 로트가 불합격될 때에는 정규검사로 전환한다.
- (6)  $k$ 단계 검사에서,  $k = 3, 4, \dots, n$ , 로트가 불합격될 때에는  $k-2$ 단계 검사로 전환한다.

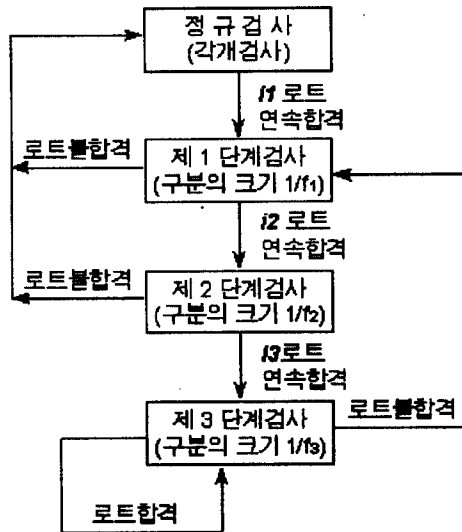
위와 같은 샘플링 검사계획은 높은 단계의 검사과정중 품질이 갑자기 나빠졌을 때 정규검사로 돌아가는 시간이 검사계획 MLSkSP1보다는 빠르게 검사계획 MLSkSP2보다는 느리게 되어 있다. 예를 들어, 3단계 스윙-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP1, MLSkSP2와 MLSkSP3을 그 흐름도로 비교하면 <그림 1>과 같다.

## 3. 검사특성곡선, 평균검사갯수, 평균출검품질

본 논문에서는 3단계 스윙-로트 샘플링 검사계획의 OC곡선, ASN 및 AOQ를 구하여 그 성질을 규명하고자 한다. 앞으로,  $P$ 는 불량률이  $p$ 인 크기  $N$ 의 로트로부터 크기  $n$ 의 표본을 추출하여 불량품의 갯수가  $c$ 개 이하이면 로트를 합격시키고  $c+1$ 개 이상이면 불합격시키는 샘플링 검사(기준 샘플링 검사)에서 로트가 합격될 확률이라 하고,  $Q = 1 - P$ 라 하자. 그리고, 이  $P$ 는 초기하분포를 이항분포로 근사시킨 다음 식에 의해서 계산되어진다.



(a) MLSkSP1 샘플링 검사      (b) MLSkSP2 샘플링 검사



(c) MLSkSP3 샘플링 검사

<그림 1> 3단계 스칼-로트 샘플링 검사의 흐름도

$$P = \sum_{x=0}^{\infty} P_r(x, n|p, N) = \sum_{x=0}^{\infty} \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}.$$

Choi(1993), Choi(1995), 최병철과 이은주(1995)와 유사하게 마코프 연쇄 방법을 이용하여 3단계 스윙-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP3의 검사특성함수를 구하면 다음과 같다.

$$P_a(f_1, f_2, f_3; i_1, i_2, i_3) = 1 - Q \frac{A_1}{B_1}.$$

여기서,

$$A_1 = \left\{ \frac{1-P^{i_1}}{P^{i_1+i_2}} + \frac{1-P^{i_2}}{P^{i_2}} + 1 \right\} C_1 + \frac{1-P^{i_2}}{P^{i_1+i_2}} + 1,$$

$$B_1 = \left\{ \frac{1-P^{i_1}}{P^{i_1+i_2}} + \frac{1}{f_1} \frac{1-P^{i_2}}{P^{i_2}} + \frac{1}{f_2} \right\} C_1 + \frac{1-P^{i_2}}{P^{i_2}} \left\{ \frac{1-P^{i_1}}{P^{i_1}} + \frac{1}{f_1} \right\} + \frac{1}{f_3},$$

$$C_1 = \frac{1-P^{i_3}}{P^{i_3}}$$

이다.

스윙-로트 샘플링 검사에서 중요한 성질중 하나는 일반적인 샘플링 검사에 비해 검사량을 줄일 수 있다는 것이다. 따라서 스윙-로트 샘플링 검사의 평균검사갯수(ASN)를 조사하여 비교할 필요가 있다. 평균검사갯수는 로트당 조사된 시료들의 평균갯수로 정의된다. 스윙-로트 샘플링 검사계획에서 검사된 로트들의 평균검사갯수는 기준 샘플링 검사계획의 평균검사갯수 ASN(R)과 같으며, 스윙 되는 로트들의 평균검사갯수는 0이 된다. 여기서, 단축검사는 실시하지 않는 것으로 가정한다. 즉, 로트가 합격되거나 불합격될 것이 확실하더라도 그 나머지 시료들이 조사되는 것으로 간주한다. Perry(1973a)는  $ASN(SkSP) = ASN(R) \times AFI$ ,  $0 < AFI \leq 1$ , 임을 보였다. 여기서, AFI는 평균검사비율(Average Fraction Inspected)로 흘러 들어오는 로트수에 비하여 실제로 조사되는 로트수의 비율이다. 그러므로, 제안한 검사계획 MLSkSP3의 평균검사갯수는

$$ASN(MLSkSP3) = ASN(R) \times AFI, \quad 0 < AFI \leq 1$$

이 된다. 이때 AFI를 Lee 등(1996)과 같은 방법으로 구하면

$$AFI = \frac{A_1}{B_1}$$

이 되므로, 평균검사갯수는

$$ASN(MLSkSP3) = ASN(R) \times \frac{A_1}{B_1}$$

이 됨을 쉽게 알 수 있다. 단,  $A_1$ 과  $B_1$ 은 각각 이전의  $A_1, B_1$ 과 같다.

같은 방법으로 3단계 검사계획 MLSkSP1, MLSkSP2의 평균검사갯수를 구하면

$$ASN(MLSkSP1) = ASN(R) \times \frac{A_2}{B_2}$$

$$ASN(MLS\text{skSP}2) = ASN(R) \times \frac{A_3}{B_3}$$

이다. 여기서,

$$A_2 = \frac{(1-P^{i_1})(1-P^{i_2})(1-P^{i_3})}{P^{i_1+i_2+i_3}} + \frac{(1-P^{i_2})(1-P^{i_3})}{P^{i_2+i_3}} + \frac{(1-P^{i_3})}{P^{i_3}} + 1,$$

$$B_2 = \frac{(1-P^{i_1})(1-P^{i_2})(1-P^{i_3})}{P^{i_1+i_2+i_3}} + \frac{1}{f_1} \frac{(1-P^{i_2})(1-P^{i_3})}{P^{i_2+i_3}} + \frac{1}{f_2} \frac{(1-P^{i_3})}{P^{i_3}} + \frac{1}{f_3},$$

$$A_3 = \frac{(1-P^{i_1})}{P^{i_1+i_2+i_3}} + \frac{(1-P^{i_2})}{P^{i_2+i_3}} + \frac{(1-P^{i_3})}{P^{i_3}} + 1,$$

$$B_3 = \frac{(1-P^{i_1})}{P^{i_1+i_2+i_3}} + \frac{1}{f_1} \frac{(1-P^{i_2})}{P^{i_2+i_3}} + \frac{1}{f_2} \frac{(1-P^{i_3})}{P^{i_3}} + \frac{1}{f_3}$$

이다.

샘플링 검사에서 평균검사갯수 외에 검사계획들을 비교하기 위해 사용되는 또 다른 측도는 평균출검품질(AOQ)이다. 평균출검품질은 샘플링 검사후의 로트 전체의 평균불량률이다. 기준 샘플링 검사계획에서의 검사후 로트의 평균출검품질은 박성현(1995)에 의해

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

이다. 스킵-로트 샘플링 검사에서, 검사된 로트의 평균출검품질은 기준 샘플링 검사계획에서의 평균출검품질 AOQ(R)이 되며, 스킵된 로트의 평균출검품질은 로트의 불량률이 된다. 따라서, 3단계 스킵-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP3의 평균출검품질은

$$AOQ(MLS\text{skSP}3) = AFI \cdot AOQ(R) + (1 - AFI) \cdot p$$

가 된다. 만약, 로트의 크기  $N$ 이 시료의 크기  $n$ 에 비하여 상당히 크다면  $AOQ(R) \cong P \cdot p$  이므로 근사적으로

$$AOQ(MLS\text{skSP}3) \cong AFI \cdot P \cdot p + (1 - AFI) \cdot p$$

가 된다.

같은 방법으로 3단계 스킵-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP1, MLSkSP2의 평균출검품을 근사적으로 구하면

$$AOQ(MLS\text{skSP}1) \cong AFI \cdot P \cdot p + (1 - AFI) \cdot p,$$

$$AOQ(MLS\text{skSP}2) \cong AFI \cdot P \cdot p + (1 - AFI) \cdot p$$

가 됨을 알 수 있다. 제 4절에서는 위와 같은 근사식을 이용한 AOQ들을 비교하였다.

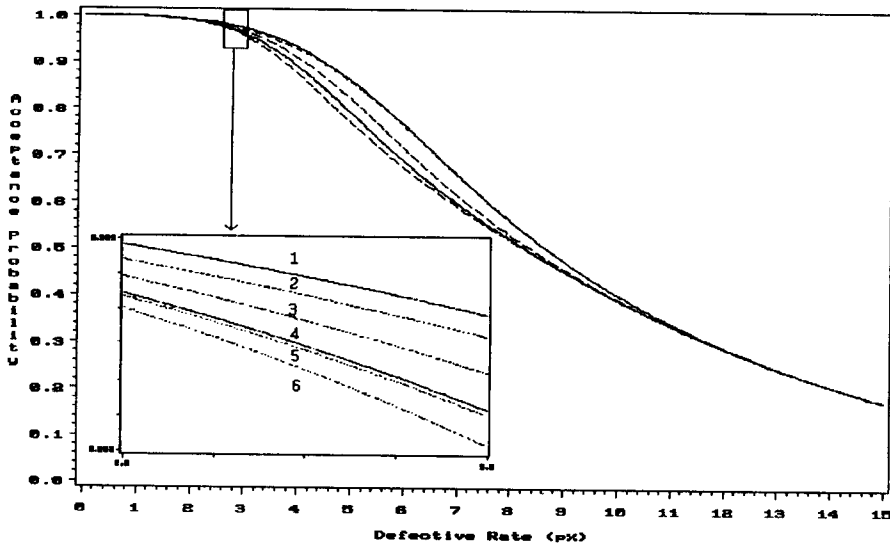
#### 4. 스윙-로트 샘플링 검사계획의 비교

이 절에서는 3절에서 구한 검사계획별 OC곡선, ASN, AOQ를  $i_1, i_2, i_3$  과  $f_1, f_2, f_3$ 에 따라 어떤 성질을 갖는지 비교하고자 한다. 기준 샘플링 검사계획은  $n=20, c=1$ 인 경우로 한다.

<그림 2>는 사슬모양의 3단계 스윙-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP3의 검사특성곡선을  $i_1, i_2, i_3$ 과  $f_1, f_2, f_3$ 에 따라 비교한 것이다. 앞으로 모든 그림에서  $MLSkSPj(1/f_1, 1/f_2, 1/f_3; i_1, i_2, i_3)$ 는  $j=1, 2, 3$ 으로 검사계획의 종류를,  $1/f_1, 1/f_2, 1/f_3$ 은 각 단계별 검사에서 구분의 크기를,  $i_1, i_2, i_3$ 은 각 단계별 검사에서 연속적으로 합격해야 할 로트의 수를 나타내기로 한다

<그림 2>로 부터 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

- (1) 로트의 불량률( $p$ )이 아주 낮을 때에는 로트가 합격될 확률이  $i$ 에 무관하게 거의 같아 생산자 위험이 차이가 없다.
- (2)  $i$ 들의 합이 24인 곡선 2부터 곡선 6까지를 비교하면,  $i_1, i_2$ 와  $i_3$ 중 로트가 합격될 확률에  $i_1$ 의 영향이 크며,  $i_1$ 이 클수록 로트가 합격될 확률이 낮다.



- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 : MLSkSP3(1/6,1/8,1/10;6,6,6)   | 2 : MLSkSP3(1/6,1/8,1/10;6,8,10) |
| 3 : MLSkSP3(1/6,1/8,1/10;8,8,8)   | 4 : MLSkSP3(1/6,1/8,1/10;10,8,6) |
| 5 : MLSkSP3(1/6,1/8,1/10;10,10,4) | 6 : MLSkSP3(1/6,1/8,1/10;12,8,4) |

<그림 2> 검사계획 MLSkSP3의 OC곡선 비교

<그림 3>은 검사계획들 MLSkSP1, MLSkSP2, MLSkSP3의 검사특성곡선을 비교한 것이다.

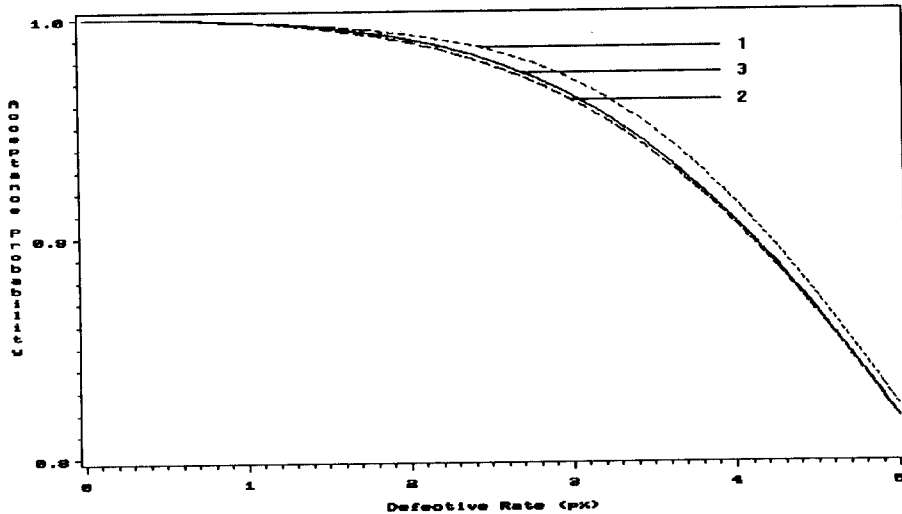
<그림 3>으로 부터, 로트의 불량률에 무관하게 검사계획 MLSkSP3이 검사계획 MLSkSP1 보다는 로트가 합격 될 확률이 낮고, 검사계획 MLSkSP2보다는 높음을 알 수 있다.

<그림 4>는 3단계 검사계획들 MLSkSP1, MLSkSP2, MLSkSP3의 평균검사갯수(ASN)를 구하여 비교한 것이다.

<그림 4>로 부터, 로트의 불량률에 무관하게 평균검사갯수는 검사계획들 MLSkSP2, MLSkSP3, MLSkSP1의 순으로 낮아짐을 알 수 있다.

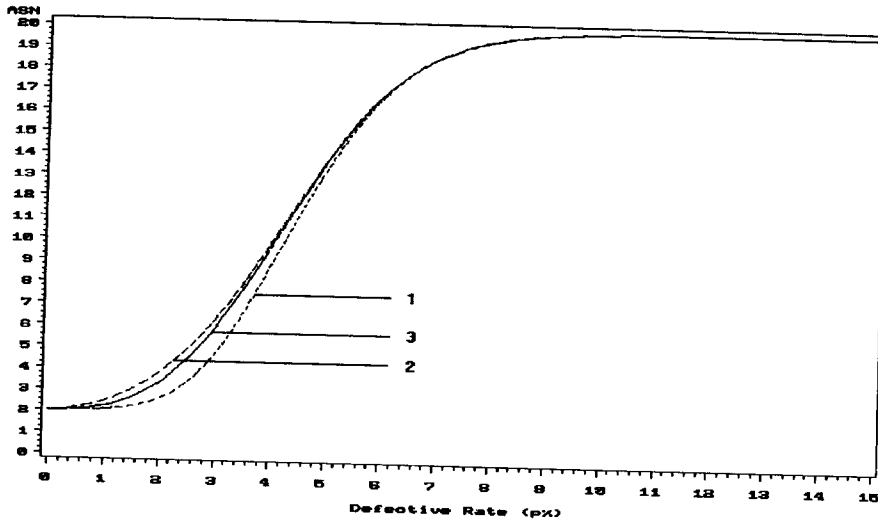
<그림 5>는 3단계 검사계획들 MLSkSP1, MLSkSP2, MLSkSP3의 평균출검품질을 구하여 비교한 것이다.

<그림 5>로 부터, 로트의 불량률과 무관하게 검사계획 MLSkSP1, MLSkSP3, MLSkSP2 순으로 평균출검품질이 낮아지고, 이는 평균검사갯수와 반대의 순임을 알 수 있다.



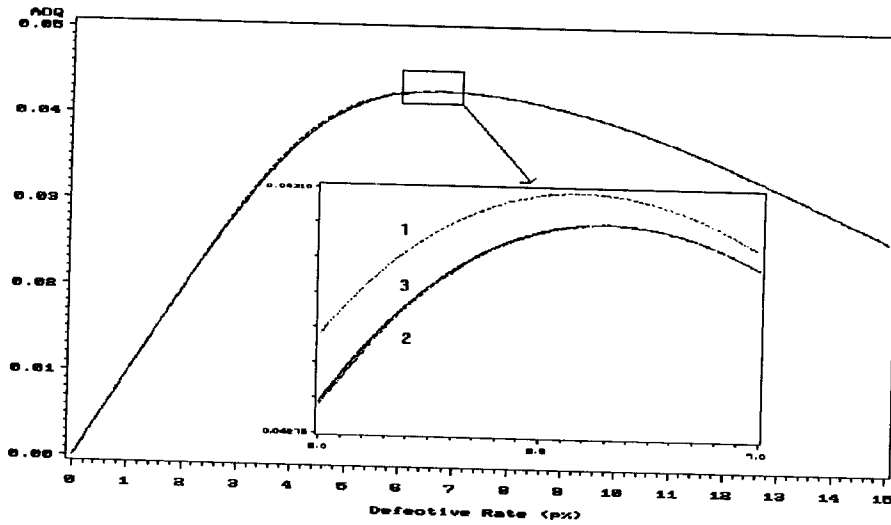
1 : MLSkSP1(1/6,1/8,1/10;8,8,8)    2 : MLSkSP2(1/6,1/8,1/10;8,8,8)  
 3 : MLSkSP3(1/6,1/8,1/10;8,8,8)

<그림 3> MLSkSP1, MLSkSP2, MLSkSP3의 OC곡선 비교



1 :  $MLS_{kSP1}(1/6, 1/8, 1/10; 8, 8, 8)$     2 :  $MLS_{kSP2}(1/6, 1/8, 1/10; 8, 8, 8)$   
 3 :  $MLS_{kSP3}(1/6, 1/8, 1/10; 8, 8, 8)$

<그림 4>  $MLS_{kSP1}$ ,  $MLS_{kSP2}$ ,  $MLS_{kSP3}$ 의 ASN곡선 비교



1 :  $MLS_{kSP1}(1/6, 1/8, 1/10; 8, 8, 8)$     2 :  $MLS_{kSP2}(1/6, 1/8, 1/10; 8, 8, 8)$   
 3 :  $MLS_{kSP3}(1/6, 1/8, 1/10; 8, 8, 8)$

<그림 5>  $MLS_{kSP1}$ ,  $MLS_{kSP2}$ ,  $MLS_{kSP3}$ 의 AOQ곡선 비교



3종류의 4단계 스킵-로트 샘플링 검사계획들의 OC곡선, ASN, AOQ를 비교한 결과도 위 3단계 샘플링 검사계획에서 비교한 결과와 유사했으며, 높은 단계의 검사계획일수록 평균검사갯수는 낮아지지만 평균출검품질은 높아짐을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 가장 수월한 검사계획의 성격을 띄는 Choi(1993)의 검사계획 MLSkSP1과 까다로운 검사계획의 성격을 띄는 Choi(1995)의 검사계획 MLSkSP2의 중간 단계인 보통검사계획의 성격을 띄는 사출모양의 다단계 스킵-로트 샘플링 검사계획 MLSkSP3을 설계하였다. 즉, 스킵-로트 샘플링 검사의 초기단계에서 제품품질의 우수성 및 공정의 안정성을 고려하여 위 세 가지 형태의 검사계획중 한 검사계획을 선택하여 시작할 수 있게 하였다.

제안한 검사계획 MLSkSP3의 검사특성곡선, 평균검사갯수, 평균출검품질의 성질을 비교한 결과, 평균출검품질의 측면에서는 검사계획 MLSkSP2가 가장 바람직했고, 평균검사갯수의 측면에서는 검사계획 MLSkSP1이 가장 바람직했다. 즉, 검사계획 MLSkSP1은 로트당 평균검사량이 적어 검사가 간편하나, 평균출검품질이 높아 소비자에게 심적 부담감을 주고, 검사계획 MLSkSP2는 평균출검품질이 낮아 소비자의 입장에서는 심적 부담이 적으나, 로트당 평균검사량이 많아 검사비용의 부담이 있다. 그러므로, 본 검사계획은 평균출검품질은 검사계획 MLSkSP1보다 낮게 하는 동시에, 로트당 평균검사량을 검사계획 MLSkSP2보다 작게 하는 장점이 있다.

## 참고문헌

- [1] 박성현 (1995). 통계적 품질관리, 민영사
- [2] 최병철, 이은주 (1995). 2단으로 분할된 3단계 스킵-로트 샘플링 검사계획, 「응용통계연구」, Vol. 8, No. 2, pp. 55-64
- [3] Choi (1993). Multi-Level Skip-Lot Sampling Plan, 「응용 통계연구」, Vol. 6, No. 2, pp. 277-287
- [4] Choi (1995). Operating Characteristic Properties of Two Types of Multi-Level Skip-Lot Sampling Plans, 「한국통계학회 논문집」, Vol. 2, No. 2, pp. 358-365
- [5] Dodge, H. F. (1955). Skip-Lot Sampling Plan, *Industrial Quality Control*, Vol. 11, No. 5, pp. 3-5
- [6] Lee, I. S., Cho, G. Y. and Kim, H. R. (1996). Multi-Level Skip-Lot Sampling Plan-Average Fraction Inspected Properties, 「한국통계학회 논문집」, Vol. 3, No. 2, pp. 151-159
- [7] Parker, R. D. and Kessler, L. (1981). A Modified Skip-Lot Sampling Plan, *Journal of Quality Technology*, Vol. 13, No. 1, pp. 31-35
- [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 Plans-operating characteristic properties, *Journal of Quality Technology*, Vol. 5, No. 4, pp. 160-166

## A Comparison of Three-Types of Multi-Level Skip-Lot Sampling Plans

Byoung-Chul Choi, Chan-Ki Kang<sup>3)</sup>

### Abstract

In this paper, chain-shaped multi-level skip-lot sampling plan is designed, which is a normal inspection plan between Choi(1993)'s tightened inspection plan and Choi(1995)'s reduced inspection plan. In every skipping inspection of the proposed plan, when designed numbers of consecutively inspected lots are accepted, switch to the next skipping inspection, and when a lot is rejected, switch to the skipping inspection of two-level lower. Also, the formulae of the operating characteristic function, average sampling number and average outgoing quality for the proposed skip-lot sampling plan are derived using the markov chain approach and their properties are studied and graphically compared with those of the other multi-level skip-lot sampling plans.

---

2) Department of Statistics, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk, 561-756, Korea.