

入出檢品質을 考慮한 資材의 經濟的 納入量 決定 —Study on a Procedure to Determine of the Economic Incoming Quantity of Materials in Consideration of the Ingoing-Outgoing Quality Level—

李 會 植*
黃 義 徹**

ABSTRACT

The quality and cost of manufacturing products is a significant problem in view of quality assurance, but the quality level of the incoming materials is not considered to determine in the economic order quantity of conservative inventory model. A typical situation we face is the difference of quantity between order quantity and the determined outgoing quantity after acceptance inspection.

In this paper we present a procedure to reduce the difference of order(incoming) quantity and outgoing quantity of incoming materials a method of justifying the acceptance plans whether accept or not by comparing with ingoing outgoing quality.

1. 서 론

1.1 연구의 목적

생산활동의 투입요소중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 자재는 생산에 필요한 최적 재고량을 필요한 시기에 경제적으로 납입 받아야 하는 재고관리의 문제를 떠나서는 해결할 수 없다. 한국은행(1989)의 기업경영분석 자료에 의하면 88년도 우리나라 제조업의 경우 제조원가의 19.9%가 경비, 9.9%가 노무비인데 비해 재료비는 70.3%를 차지하고 이것은 매출액 대비 58%에 해당하는 금액이다[5]

자재의 적정확보를 위한 재고모형은 F. W. Harris의 EOQ모형을 비롯하여 주로 재고비용을 중심으로 구성된 비용방정식이라고 할 수 있으며, 이는 곧 경제적 발주량과 주문점 산정으로 총 재고비용을 최소화하기 위한 내용이라고 할 수 있다[1]. 모델구성에 필요한 변수로 재고보유비, 제조준비비, 제조비만을 도입하였고 투입된 자재의 품질수준과 이를 확인하기 위한 시험 또는 검사비용은 고려되어 있지 않다.

생산은 시장수요에 적합한 제품과 서비스를 제공하기 위해서 인적, 기술적, 물적자원을 활용하는 일이며, 품질은 어떠한 생산활동에서든지 본질적인 요소이기 때문에 품질문제를 고려하지 않은 재고량의 최적화 문제는 적용상 현실적인 제약을 받게 된다.

본 연구에서는 공급을 받는 측에서 요구하는 자재의 기대품질과 공급자의 입점(납입)품질 및 출검품질을 고려한 경제적 납입량 결정을 위한 모델을 개발하기 위해 연구되었다.

1.2 연구의 범위 및 배경

자재의 투입량 결정을 위한 접근방법으로는 Tosi와 Carrol(1976)의 상황 적응적 연구방법(contingency approaching method) 즉 이제까지 연구되어온 각종 연구방법을 각기 다른 상황에서 관리문제해결에 적용하는 것에 초점을 두는 연구방법[10]을 택하여, 본 연구에서도 기존의 경제적 발주량 결정방법에 자재의 납입품질과 출검품질수준을 고려한 납입량 결정문제를 다루었다.

*京畿大學校 産業工學科

**漢陽大學校 産業工學科

2. 기호 및 용어

- P_o : 소비자의 요구품질수준(되도록 합격시키고 싶은 좋은 로트의 불량률)
- P_{in} : 입검품질수준(수입검사를 받기 전의 납입로트의 불량률)
- P_{out} : 출검품질수준(수입검사를 받은 후 합격된 로트의 불량률)
- P_b : 임계불량률
- P_p : 납입로트의 추정 불량률
- Q^* : EOQ모델에서의 경제적 발주량
- R : 재주문점
- a : 발주점(재고량이 R 에 도달했을 때 발주하는 시점)
- c : 재고량이 0인 시점
- A : 사용 불능물품 개당 손실금액
- B : 물품개당 검사비용
- v : 불량으로 판정된 물품의 폐기, 수리, 확인 등으로 인한 개당 손실금액
- r : 양호품중 사용 불능 비율
- q : 불량품중 사용 가능 비율
- P_a : 로트가 합격될 확률
- n : N 으로 부터 랜덤하게 샘플링된 시료의 크기
- c : 합격판정갯수(로트를 합격으로 판정하는데 필요한 시료 중의 불량갯수의 상한)
- x : n 개중에서 발견된 불량품의 수

3. 모형전개와 전제

3.1 자재의 납입단계와 품질

자재 발주후 제품생산을 위해 공정에 투입되는 단계와 각 단계별 로트의 불량률은 그림 1과 같다.

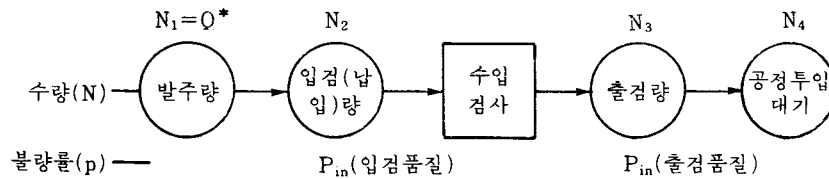


그림 1. 자재 납입단계와 품질

그림 1에서 구입자재의 불량률에 따라 N_3 은 항상 N_2 보다 같거나 작아져서 $N_1=N_2 \geq N_3=N_4$ 가 되고, P_{out} 인 N_3 와 P_{in} 인 N_2 의 차이가 재고부족으로 된다(그림 2)

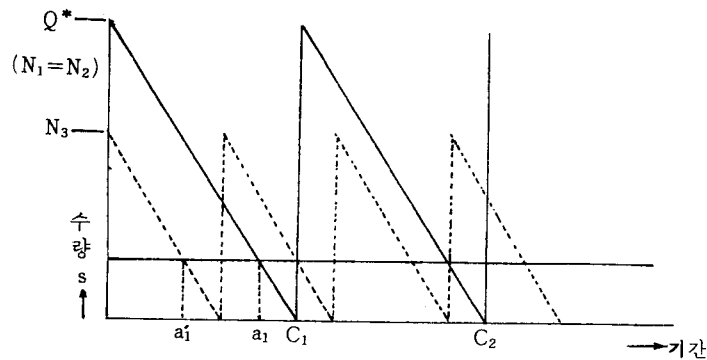


그림 2. 전통적 재고모형과 납입량의 변화

그림 2에서 N_2 는 EOQ모델에서 계산된 발주량으로 그림 1에서의 입검량이 되고, N_3 는 P_{in} 인 로트가 수입검사를 받은 후 합격된 로트의 크기로 출검량이 된다. 이때 N_2 가 N_3 로 작아지면 발주점은 a_1 에서 a_2 에서 a_2 로 빨라지게 된다.

3.2 기대품질과 발주량

자재가 갖추어야 할 필수적인 조건은 수요자가 요구하는 품질수준(P_o)을 만족해야 하지만 실제로 납입되는 자재의 품질은 다음과 같은 3가지의 경우이다.

- ① $P_o = P_{in}; N_2 \geq N_3$
- ② $P_o < P_{in}; N_2 > N_3$
- ③ $P_o > P_{in}; N_2 = N_3$

이중 ①과 같은 경우는 가장 이상적이나 실제로는 대부분이 ② 또는 ③과 같게 된다. $P_o < P_{in}$ 이면 수입검사 에서 불합격이 생겨 요구하는 수량만큼의 자재가 확보될 수 없고, $P_o > P_{in}$ 이면 대부분 합격되겠지만 샘플링 검사 설계수리상 비경제적인 검사를 한 결과가 된다.

허용할 수 없는 자재의 품질은 납입단계에서 불합격될 것이며, 이것은 재고부족 현상을 초래하거나 사후에 결함이 되었음을 발견하게 될 것이다. 따라서 이러한 납입품질의 변화는 재고유지비를 증가 또는 감소시키는 큰 변화를 초래케 할 뿐만 아니라, 납기를 지연시키고 제품의 선행기간을 늘리며 제품불량발생의 원인이 된다.

품질보증을 위해 재고모형을 사용하는 것은 단순히 비용절감만이 목적이 아니라 관습적인 재고계획과 관리를 실제작업과 결합시키고자 함이 목적이기 때문에, 경제적 EOQ모델에서 계산된 경제적 발주량은 발주비용중의 품질비용 변화의 효과를 무시해 버리기 쉬운 것이다[12].

Feigenbaum(1983)은 품질관리의 중심활동 13개 항목중 첫번째로 품질방침과 목표를 명확히 하는 것이라고 [8] 강조하고, Banks(1989)는 전략적 품질관리의 요점으로 자재의 품질개선을 들고 자재의 품질이 제품품질과 생산성이 낮아지는 중요한 이유로 작용하기 때문에, 가격도 구매자재의 품질측정 없이는 무의미하다고 설명한다. [11]

4. P_{in} 인 로트의 출검량과 P_{out} 의 변화

공정투입을 위한 소요자재는 요구품질에 적합한지를 판정하기 위한 검사절차를 거치는 과정에서 $N_2 - N_3$ 만큼의 수량차이가 발생한다. 이러한 출검량의 변화는 제출된 검사 로트를 받아들여도 좋은지를 판정하기 위해서 실시하는 수입검사[4] 방식에 따라 다음 3가지 방법으로 구분할 수 있다.

- ① 검사를 하지 않을 경우
- ② 전수 선별검사를 할 경우
- ③ 샘플링 검사를 할 경우

따라서 출검량의 변화를 알기 위해서는 수입검사 실시여부를 먼저 결정해야 하며 이때 의사결정의 요소로 비용을 고려한 임계불량률[12]로 비교하면 다음과 같다.

4.1 검사방법에 따른 임계불량률의 변화

- (1) 검사를 하지 않을 경우

$N_2 = N_3$ 로 $P_{in} \leq P_o$ 인 경우이며 이때 손실금액 A_o 는

$$\begin{aligned} A_o &= [N(1-p)r + Np(1-q)]A \\ &= N[(1-p)r + p(1-q)]A \end{aligned} \tag{1}$$

- (2) 전수 선별검사의 경우

검사항목이 비파괴검사항목이고 전수검사를 하면 손실금액 B_o 는

$$B_o = NB + Npv + N(1-p)rA \tag{2}$$

가 된다. (1)식과 (2)식에서 $A_0=B_0$ 가 되는 p 의 점은 단 1개 있을 수 있으며, 이 점이 임계불량률 P_b 가 된다. 따라서 $A_0=B_0$ 에서 P 를 P_b 로 대입하여 P_b 에 대해서 풀면

$$[N(1-p)r + NP(1-q)]A - [NB + NPv + N(1-p)rA] = 0$$

$$P_b = \frac{B}{(1-q)A - v} \quad (3)$$

가 되고, 만일 검사의 에러가 발생하지 않고 불량품중에서 사용가능한 물품이 없다면 $q=0$ 가 되어

$$P_b = \frac{B}{A - v} \quad (4)$$

가 된다.

즉 납입로트의 불량률이 현재까지의 실적이나 추정치로 보아 P_b 미만이면 무검사, P_b 초과이면 전수검사가 경제적이라고 할 수 있다.

(3) 샘플링 검사의 경우

샘플링 검사를 실시할 경우의 손실금액 C_0 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_0 &= NP_a r v + [N(1-p_a) - N(1-p_a)q]v \\ &= NP_a r v + N(1-p_a)(1-q)v \\ &= N[p_a r v + (1-p_a)(1-q)]v \end{aligned} \quad (5)$$

식(1)과 식(5)에서 $A_0=C_0$ 로 놓고 p 에 대해서 풀면 임계불량률 P_b 는

$$N[(1-p)r + p(1-q)]A = p_a r v + (1-p_a)(1-q)v$$

양변을 N 으로 나누면

$$[r + p(1-q-r)]A = p_a r v + (1-p_a)(1-q)v$$

따라서 p 를 p_b 로 두면

$$P_b = \frac{1}{1-q-r} \left\{ \frac{1}{A} [p_a r v + (1-p_a)(1-q)v] - r \right\} \quad (6)$$

여기서 $r=q=0$ 일 경우는

$$P_b = \frac{1}{A} (1-p_a)v$$

4.2 출검량의 변화와 로트 불량률

p_b 와 p_p 를 고려한 납입량 N_2 의 수입검사 과정과 검사를 마친후 출검량 N_3 의 관계는 그림 3과 같다.

여기서 N_3 의 값은 N_2 의 크기와 p 의 변화에 따라 달라지고, 샘플링 검사의 경우는 검사방식(n 과 c 의 조합방법)에 따라 달라지게 된다.

(1) 무검사의 경우

그림 3에서 $P_b \geq P_p$ 일때 무검사로 물품이 공정투입 상태가 되지만 이때 $P \neq 0$ 이면

$$\begin{aligned} N_3 &= N_2(1-r) - pN_2p \text{로서 } N_3 < N_2 \text{으로 되고} \\ N_2 \text{와 } N_3 \text{의 차이는 } N_2 - [N_2(1-r) - pN_2q] \text{로서} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &N_2[1 - (1-r) + pq] \\ &N_2[r + pq] \end{aligned}$$

여기서 만일 P 의 값이 0에 가까워지면 N_3 의 크기는 $N(1-r)$ 로 바뀐다.

(2) 전수검사의 경우

전수 선별된 양호품수 $N(1-p)$ 중 사용가능 물품수 $N(1-p)(1-r)$ 와 불량품으로 선별되었으나 사용가능 물품 $N_p q$ 를 합한 값이 N_3 가 되고 사용불가능 물품수는 양호품중 사용불능 물품수 $N(1-p)r$ 와 불량품으로 선별되어 사용 불가능한 $N_p(1-q)$ 을 합한 값으로 된다.

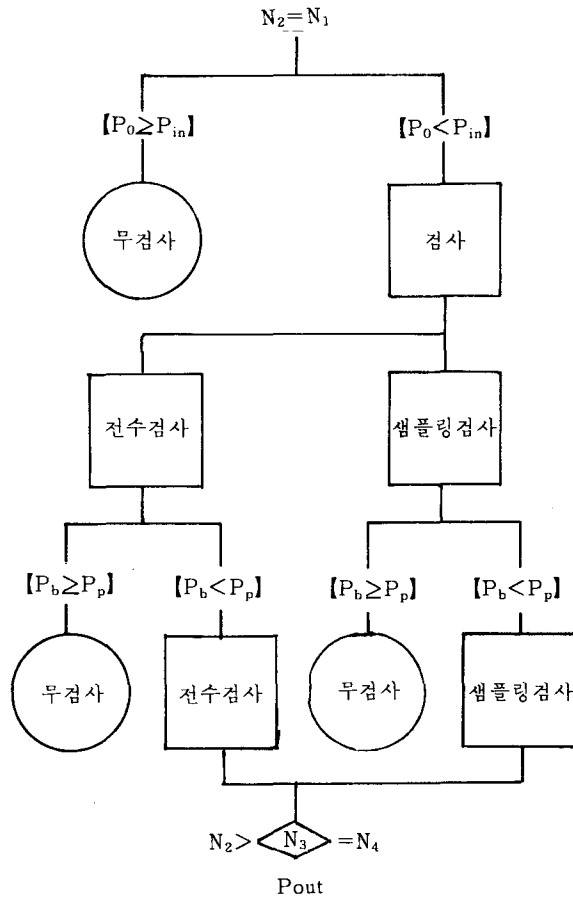
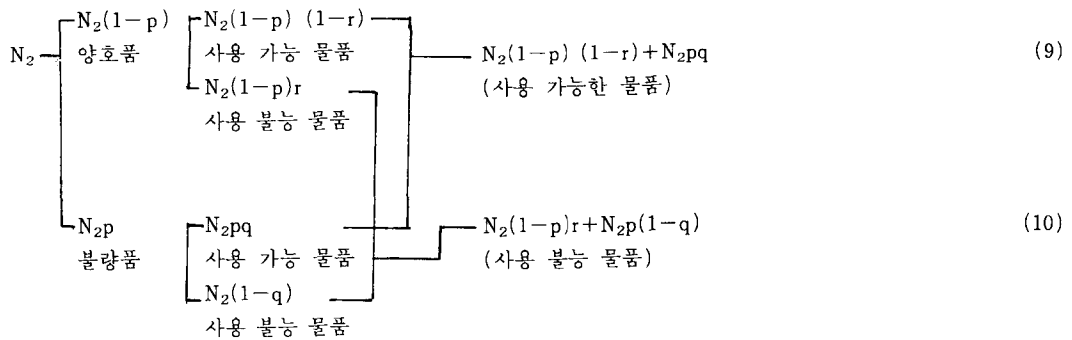


그림 3. P_b 를 고려한 N_2 와 N_3 의 변화



이 되고 이 사용가능한 물품의 수량이 N_3 가 되며, 이때 N_2 와 N_3 의 차이로

$$N_2 - [N_2(1-p)(1-r) + N_2pq] \text{이 되고}$$

여기서 N_2 를 Q^* 로 두면

$$Q^* [1 - (1-p)(1-r) + pq] \tag{11}$$

이 된다.

(3) 샘플링 검사의 경우

샘플링 검사는 물품의 특성과 N_3 의 요구 품질수준 등에 따라 규준형, 선별형, 연속생산형, 조정형 등이 있으나, 기본적으로는 계수형 샘플링 검사의 경우 요구 품질 수준과 p, n, c 에 의해서 로트가 합격된 확률 P_a 가 산출될 수 있다.

초기하 분포로 계산할 경우 불량품 x 개가 c 개 이하가 나올 확률, 즉

$$P_a = \sum PNC_x(N-PN)C(N-x)/NCn$$

로 구할 수 있다.

따라서 출검량 N_3 의 크기는

$$N_3 = N_2 P_a (1-r) - n$$

이 된다. 이때 불합격 로트는 반품되는 것으로 하고 검사에 사용된 n 개는 파괴검사이므로 사용 불가능하다고 간주한다. 따라서 N_2 와 N_3 의 차이는

$$N_2 - [N_2 P_a (1-r) - n] \text{이 되며, 여기서 } N_2 = Q^* \text{로 두면}$$

$$Q^* \{1 - [P_a(1-r)]\} + n \quad (12)$$

4.3 P_{out} 의 변화

크기 N 의 불량률 p 는 구입시마다 반드시 일정하지는 않는다.

p 에 산포가 있 경우

$$p_{in} = \sum_{i=1}^k P_{in_i} N_{2i} / \sum_{i=1}^k N_{2i} \quad (13)$$

와 같이 되고, 출검 품질 p'_{out} 는

$$p'_{out} = \sum_{i=1}^k N_{2i} P_{ai} P_{ini} / \sum_{i=1}^k N_{2i} P_{ai} \quad (14)$$

로 되어 N_3 의 불량률은 식(10), 식(11)만큼 감소하는 효과를 가져오게 된다.

5. 결 론

경제적 납입량(Economic Incoming Quantity, EIQ)¹⁾의 결정문제는 1915년 Harris, F. W.의 EOQ공식을 근간으로 하는 전통적 재고 모델에서 사용하는 경제적 발주량 계산공식에서의 발주량 Q^* 를 보다 현실적으로 보완 적용하는데 목적이 있다. 즉 제품의 품질보증에서 가장 중요한 자재의 품질문제를 고려한 적정 재고의 확보를 위해서는 먼저 그림 3에서와 같이 P_b 와 P_p 를 비교하여 검사방법을 결정한 후 여기서 결정되는 N_3 와 N_2 의 차이만큼을 N_2 에 보충하여 EIQ를 결정하고 다음과 같이 발주함으로서 재고비용의 절감은 물론 안정된 생산과 품질을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 다만 자재량의 감소요인이 될 수 있는 보관중의 진부화, 운반도중의 유실량, 검사도중의 파손 및 제조공정중의 불량률은 고려하지 않았다.

① 무검사의 경우, 식(8)을 이용하여

$$EIQ = Q^* + Q^*(r+Pq) = Q^*(1+r+Pq) \quad (15)$$

② 전수검사의 경우, 식(11)을 이용하여

$$EIQ = Q^* + Q^*[1 - (1-p)(1-r) + pq] = Q^*[2 - (1-p)(1-r) + pq] \quad (16)$$

③ 샘플링 검사의 경우, 식(12)을 이용하여

$$EIQ = Q^* + Q^*\{1 - [P_a(1-r)]\} + n = Q^*[2 - p_a(1-r)] + n \quad (17)$$

1) EIQ라는 용어는 전통적 재고모델에서 말하는 경제적 발주량(EOQ)과 구분하기 위해서 사용하였다.

參 考 文 獻

1. 백중현, 생산관리요론, 삼영사, 1989, p. 14.
2. 신관품질관리 편람, 일본규격협회 편, 技多利 역, 1983, p. 331.
3. 이희식, 로트 불량률을 고려한 자재소요량과 자재구입량의 균형화 연구, 공업경영논총, 한국공업경영학회, Vol. 9 No. 13, 1986.
4. 한국공업표준협회, KS A 3001(품질관리 용어), p. 26.
5. 한국은행, 기업경영분석, 1989, p. 14.
6. ANSI/ASQC, Z1 Standard, Generic Guidelines for Quality System.
7. Feigenbaum, A. V, Quality and Business Growth, Quality Progress, 1982, p. 22.
8. Feigenbaum, A. V, Total Quality Control. 3rd ed, McGraw-Hill, 1983, p. 94.
9. Hayes, R. H. Why Japanese Factories Work, Harbard Business Review, 1981, p. 57.
10. Henri L. Tosi and Stephen J. Carrol, Management; Contingency, Structure, and process Chicago; St. Clair Press.
11. Jerry Banks, Principles of Quality Control, John Wiley & Sons, 1980, p. 36.
12. Tersine, R. J. Principles of Inventory and Materials Management, New York, North Holland, 2nd ed, 1982, p. 80.