

# JIT를 적용하는 대기업에 납품하는 중소기업의 재고정책

## Analysis of Inventory Strategy of middle-small Company which are ordered form large Company which product using JIT(just in time) System.

이상복(REE, Sangbok)  
서경대학교 산업공학과  
136-704 서울시 성북구 정릉동 16-1

### Abstract

In this paper, we analyze Inventory Strategy of our country middle-small Company which are ordered form large Company which product using JIT(just in time) System. Until now, we have not found a good inventory strategy for middle-small Company which such like above. In this paper, we first simply survey product lead time, lot size and safety inventory in continuous product system which idea can be adapted our object. We try to mathematical modelling of product lead time, total inventory cost of our country middle-small Company. We suggest inventory strategy for middle-small Company.

### 1. 서론

80년대 이후 일본식 생산방식인 JIT가 크게 성공하면서 우리 나라에서도 많은 기업들이 JIT 생산방식을 도입하고 있다. 특히 일본식 생산관리 기법인 간판시스템을 도입한 대기업도 많다. JIT 기업은 재고량을 대폭 줄이면서 품질을 최우선으로 한다. 이 기법이 성공적으로 수행되면 MRP 생산기법보다 생산비용이 적게 들고 좋은 품질의 제품을 생산할 수 있음은 분명하다. 그러나 일본식의 JIT가 성공하기 위해서는 대기업에 납품하는 중소기업들이 뒷받침해주어야 한다. 일본의 중소기업은 대기업의 JIT 시스템에 맞추어 중소기업에서도 JIT 시스템을 적용할 수 있는 능력이 있고, 대기업과 중소기업간의 긴밀한 협조로 무리 없이 잘 이루어지고 있다. 그러나 우리 나라의 사정은 일본과 다르다.

우리 나라 대기업은 일본의 대기업과 같은 JIT 시스템을 적용할 수 있으나, 중소기업은 일본

의 중소기업과 같지 않다. 대기업에서 JIT를 성공하기 위해서는 중소기업이 요구되는 정확한 양을 정확한 시간에 정확한 장소에 납품하는 것이 제일 중요하다. 대부분의 중소기업은 대기업의 JIT 시스템에 맞추어 JIT를 적용하여 생산을 할 수 없다. 아직 필요한 시설, 기술 그리고 관리가 충분하지 않기 때문이다. 납품하는 중소기업에선 정확한 시간에 납품하기 위해선 많은 양의 재고를 비축해 두고 있다. 이는 대기업에서 JIT를 수행하기 전에 보유하고 있던 재고를 중소기업에서 보유하게 된 것이다. 중소기업에서 채택하는 재고정책은 재고고갈(shortage) 방지가 제일 중요하다.

본 논문에서는 우리 나라 중소기업의 이러한 현상을 분석하고, 중소기업에서 타당한 재고관리 정책을 제시하고자 한다.

### 2. 중소기업의 재고관리 모델 구축

이번 장에서는 JIT를 수행하는 대기업에 납품하는 중소기업에 대한 재고관리 모델을 구축한다. 중소기업의 불량율은 대기업보다 높기 때문에 불량율을 고려하여야 한다. 기본적인 재고모델에서 상수로 취급하였던 안전재고, 제품인도시간(lead time), 수요인도시간에 대한 고려를 해야 하고, EOQ(economic order quantity 최적주문량)을 결정할 때는 재고유지비용, 준비비용, 재고고갈비용 등을 동시에 고려하여야 한다. 먼저 JIT 시스템이 아닌 일반적인 연속생산 시스템에서 기본적인 안전재고와 로트 크기에 대한 고찰을 하고, 다음에 우리 나라 중소기업의 현황에 맞게 모델과 해법을 제시한다.

#### 2.1 안전재고와 로트 크기에 대한 고찰

연속생산 시스템에서 단일 제품을 생산하는 경우로서 JIT에서 관련있는 제품인도시간과 관련된 안전재고와 로트 크기에 대하여 고찰해본다.

· 제품인도시간

제품인도시간은 대기시간(queuing time), 작업 준비시간(setup time), 처리시간(processing time) 등으로 이루어졌다. 대부분의 경우 제품인도시간은 대기시간에서 가장 많이 소요된다. 중소기업은 불량율을 무시할 수 없기 때문에 불량율을 감안하여 생산해야한다. 이때 불량율( $b$ )을 고려한 생산시간은 다음 식 (1)과 같다.

$$P = \frac{a}{1-b} \quad (1)$$

$a$  = 정상 작업소요시간,  $b$  = 불량율

위 생산시간을 고려한 제품인도시간 형식은 다음 식 (2)과 같이 표현할 수 있다.

$$L = \left(\theta + \frac{Q}{P}\right)\delta \quad (2)$$

$L$  = 제품인도시간,  $\theta$  = 준비시간,  $P$  = 처리시간,  $Q$  = 로트크기,  $\delta$  = 작업장에서의 대기요소

어느 공정에서 제품인도시간은 한 배치의 준비시간과 생산시간의 합으로 표현할 수 있다. 생산시간은 제품인도시간의 대부분은 대기시간으로 소비되고 있다. 여기서 제시된  $\delta$ 는 작업장에서의 대기요소로 제품인도시간과 생산시간 사이의 관계를 나타낸다. 예로  $\delta$ 가 1이면, 대기시간 없이 바로 인도되는 것이고,  $\delta$ 가 10이면 제품인도시간은 실제 생산시간의 10배가됨을 나타낸다. 일반적으로 JIT를 적용하는 기업에선  $\delta$ 를 작게 하기 위해서 이동 로트크기를 작게 한다.

· 로트 크기와 안전재고

재고관리의 주요 결정변수는 ( $Q, r$ )로 표현된다. 여기서  $Q$ 는 주문량 혹은 로트 크기이고,  $r$ 은 재주문점이다. 인도기간 동안 기대되는 수요에 대비한 안전재고는  $B$ 이다. 연간 총재고비용은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$TC = \frac{D}{Q}s + \left(\frac{Q}{2} + B\right)h + \left(\frac{D}{Q}S_1\right)c \quad (3)$$

$D$  = 연평균 수요,  $Q$  = 로트크기,  $h$  = 년당 단위당 재고 유지비용,  $S_1$  = 주문을 보충해야하는 때 주기당 재고고갈이 기대되는 수,  $c$  = 단위 재고고갈비용,  $s$  = 준비비용,  $B$  = 안전재고이다.

위 식에서 안전재고를 일정한 상수로 보고 최적 로트 크기는 식(3)을  $Q$ 에 대하여 미분하면 구할 수 있다. 즉 다음 식(4)이 된다.

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2D(s+S_1c)}{h}} \quad (4)$$

위 (3)식에서 주요결정변수는 로트크기와 안전재고이다. 이 두 변수를 동시에 결정해야 하며, 두 변수는 상호관계가 있다. 이 둘의 관계를 주문회수와 인도시간을 통해서 관계를 각각 찾을 수 있다. 기존 모델의 로트 크기 결정은 재고를 보충하

는 회수에 의해서 결정된다. 연간 수요량  $D$ 가 주어지기 때문에 로트크기  $Q$ 는 주문회수는  $\frac{D}{Q}$ 로 결정된다. 주문한 것이 도착하기까지 기다리는 동안 재고 고갈의 위험이 있기 때문에 전통적인 재고모델에선 주문량에 관계없이 일정한 상수로 가정하여 보다 자주 주문하는 재고 시스템은 더 재고 고갈의 위험을 갖게된다. 그러므로 재고고갈을 방지하기 위한 안전재고는 증가해야한다. JIT에 납품하는 중소기업의 특징은 재고고갈비용이 높기 때문에 안전재고량을 충분히 준비해야한다. 바람직한 주기 서비스 수준을 성취하기 위해서 요구되어지는 안전재고를 결정하기 위해서는, 인도기간 동안의 불확실한 수요로부터 재고시스템을 보호한다. 아래 식에서 인도기간 동안의 수요의 불확실성은  $\sigma_L$ 로 표시한다. 인도기간 동안의 수요의 표준편차는 기본 통계적 이론으로부터 다음 식 (5)과 같다.

$$\sigma_L = \sigma\sqrt{L} \quad (5)$$

$\sigma$ 는 단위시간당 수요의 표준편차로, 인도기간 동안의 안전재고 수준을 결정하는 중요한 수준이다. 대다수의 재고통제모델에서 보충되어지는 인도기간은 상수로 가정해왔다. 그러므로 안전재고의 최적수준은 인도기간의 주어진 길이라고 해석할 수 있다. 그러나 보충하는 인도기간이 앞에서 제기한 것과 같이 로트 크기의 함수라 할 때 로트 크기와 안전재고 사이의 상호관계에 또 다른 관계가 생긴다. 로트 크기를 줄임에 따라서 인도 기간은 짧아지고 인도기간 동안의 수요의 불확실성은 적어지게 된다. 결과에 따라서 바람직한 서비스 수준을 만족하기 위해 요구되어지는 안전재고도 보다 작아질 수 있다. 이 요인은 로트 크기를 줄이고자 하는 동기를 준다.

$$\begin{aligned} B &= k\sigma_L \\ &= k\sigma\sqrt{L} \\ &= k\sigma\sqrt{\left(\theta + \frac{Q}{P}\right)\delta} \end{aligned} \quad (6)$$

$\sigma_L$ 은 인도기간 동안의 수요이고, 상수  $k$ 는 다음 식을 만족한다.

$$F = \int_k^{\infty} f(z)dz, \quad z \sim N(0, 1) \quad (7)$$

여기서 로트크기  $Q$ 를 작게 함에 따라서  $F$ 의 값은 작아지고  $K$ 는 커진다. 그러므로 더 높은 수준의 안전재고를 요구하게된다. Vollmann et al(1992)은 로트 크기와 안전재고 결정을 위의 상호관계를 반영하는 몇 개의 방법을 제공했다. 거기서 제시한 로트 크기는 재고 고갈의 위험과 요구되는 안전재고량을 줄이기 위해 기본 EOQ로부터 조절하게 된다. 로트 크기와 안전재고 사이는 주문회수와 인도기간의 두 상호작용으로 최적의 목적함수를 구할 수 있다. 로트 크기가 작아짐에 따라서 주문회수가 보다 많아지고 재고 시스템은 더 큰 재고 고갈의 위험에 노출되게 되어 더 큰 안전재고를 요구하게 이른다. 반면 줄어든 로트 크기 때문에 제품인도시간은 더 짧게 되어 인도시

간 동안의 수요의 불확실성은 줄어들게 되어 더 작은 안전재고를 요구하게 된다.

일부 전통적인 접근 방법에선 이들 두 결정들은 연속적으로 구한다. 로트 크기 결정이 먼저 결정되고 그 다음 안전재고는 주문 주기 결과에 따라서 결정된다. 그러면 가장 좋은 로트 크기는 준비 비용과 재고 유지비용 사이의 절충을 바탕으로 처음 구해진다. 그 결과로서 안전재고는 재고 유지비용과 재고 고갈비용 사이의 절충으로 최적을 구하게 된다(Brown, Felter, Dalleck). 특히 Kim & Benton(1995)은 수렴 속도가 빠른 반복 알고리즘을 제시하였다.[1,2,3,4,5]

## 2.2 우리 나라 중소기업의 안전재고와 로트 크기에 대한 고찰

대기업에서 JIT를 실시하면, 납품하는 상품 종류, 시간 그리고 납품량을 1개월 전에 결정하여 중소기업에게 통보한다. 중소기업은 생산능력에 맞추어 최소비용으로 대기업의 요구를 맞추어 주는 것이 목적이다. 중소기업에선 기간 내에 생산이 가능한지 판정한다. 대기업에 납품량이 작은 중소기업에선 복잡한 수학적 이론이 별 의미가 없다. 그곳에선 늘 생산 주문량이 부족하기 때문에 생산용량이 충분한 경우가 많다. 이러한 경우엔 위 (3)식으로 문제를 해결할 수 있다.

### · 인도기간 고찰

대기업에서 어느 제품의 일정한 량을 일정한 시간에 납품을 요청했을 때, 중소기업에선 기간 내에 정확하게 납품할 수 있는지 판정해야한다. 요구량을 공장의 불량율을 고려하여 생산량을 계산하고((8)식), 다음에 인도기간을 계산한다.

$$Q_{pro} = \frac{Q_{req}}{1-b} \quad (8)$$

$Q_{req}$  = 요구량,  $Q_{pro}$  = 공장의 생산량  
하정공장의 제품인도기간을 아래 식(9)을 계산한다.

$$L_{pro} = (\theta + \frac{Q_{pro}}{P})\delta \quad (9)$$

$L_{pro}$  = 공장에서 제품 인도시간,  $L_{req}$  = 대기업에서 요구한 시간,  $\theta$  = 준비시간,  $P$  = 처리시간,  $\delta$  = 작업장에서의 대기요소가  
이 경우엔 3가지가 있다.

- (1) 요구한 시간보다 빨리 인도할 수 있는 경우 ( $L_{pro} < L_{req}$ )에는 납품하는 시간 동안 ( $L_{pro} - L_{req}$ ) 공장의 재고로 남게되어 재고 유지비용이 든다.
- (2) 요구한 시간에 정확하게 인도할 수 있는 경우 ( $L_{pro} = L_{req}$ )에는 이상적인 경우로 재고 유지비용이나 고갈비용이 들지 않는다.
- (3) 요구한 제시간에 인도할 수 없는 경우 ( $L_{pro} > L_{req}$ )에는 대기업의 벌금이 부과되므로, 모자라는 부분을 다른 공장에 하청을 준다. 하청

을 주는 비용은 재고 고갈비용으로 해석할 수 있다. 이 경우엔 납기 내에 생산 가능한 양만큼 생산하고( $Q_{pro}$ ) 나머지는 하청 준다. 이를 수식으로 표시하면 식(10)과 같고, 하청량( $Q_{ord}$ )은 식(11)과 같다.

$$(\theta + \frac{Q_{pro}}{P})\delta = L_{req} \text{에서}$$

$$Q_{pro} = P(\frac{L_{req}}{\delta} - \theta) \quad (10)$$

$$Q_{ord} = Q_{pro} - Q_{req} \quad (11)$$

### · 로트 크기 및 안전재고 고찰

JIT를 수행하는 대기업에서 요구하는 부품량이 조금씩 자주 요구하므로 중소기업에선 요구하는 대로 생산하지 않는다. 중소기업의 준비시간이 많이 소요되기 때문에 작은 생산량을 매번 생산할 수 없다.(대기업에선 많은 부품을 여러 중소기업에 하청 주므로, 각 중소기업에선 몇 개의 품목만 생산하게 된다.) 중소기업에선 주문 받으면 또 주문이 있을 것을 예측하여 충분히 생산하여 놓았다가, 요구할 시에 정확한 시간에 납품한다. EOQ 모델에서 준비비용이 크면 최적생산량  $Q$ 는 커지게 되는 것과 같다. 아직까지 우리 나라 대기업에서 장기간의 정확한 생산일정을 작성하여 반년 이상 미리 중소기업에 주문을 의뢰하기보다는 단기간의 계획만 몇 개월 전에 주문하기 때문에 중소기업의 어려움은 더 많고, 안전재고량은 더 많아지게 된다. 만약 미리 생산한 제품을 다시 요청하지 않았을 때는 모두 버리게되어 손해가 크게된다. 이러한 경우에 대비하여 다시 요청할 것인지를 예측하는데 따라 생산량은 결정된다.

중소기업에선 (3)식과 같은 1년의 총재고비용을 계산할 수 없다. 어느 제품의 총비용은 하청 받은 제품을 한번만 생산할 것인지, 여러 번 생산할 것인지에 따라서 총비용은 다르게 계산된다. 한번만 생산하는 경우엔 생산준비비용, 생산비용, 납품전 재고비용(있을 시), 하청비용(있을 시)의 합으로 생각할 수 있고((12)식), 여러 번 주문을 가정한 경우엔 (3)식과 같이 빈도수를 고려하여 안전재고를 고려해야한다.

$$TC_1 = s_1 + \frac{Q_{pro}}{P_1} proc_1 + \max\{0, L_{req} - L_{pro}\} + Q_{req} c_2 + \max\{0, \frac{L_{pro} - L_{req}}{L_{pro} - L_{req}}\} Q_{ord} c_3 \quad (12)$$

$s_1$  = 생산 준비비용,  $proc_1$  = 단위시간당 생산비용,  $c_2$  = 단위당 단위시간당 재고유지비용,  $c_3$  = 단위당 재고고갈비용(재고 하청비용)  
여러 번 주문을 가정한 경우는 (13)식에 주문 회수와 앞으로 있을 확률을 고려하여, 다분히 개인적인 직감과 경험에 의한 판단을 하게되므로 복잡한 식이 될 것이다.

· 중소기업의 재고정책

중소기업의 재고정책은 단 1회만 주문이 있는 경우엔 (13)식에서  $Q_{pro}$ 를 변수로 미분하여 0으로 놓고 풀면 된다. 이때는 요구된 주문 기간 내에 생산과 납품이 가능한지를 먼저 검토하여 가능하지 않으면 모자라는 량만큼 재하청을 주어야 한다. 중소기업 경영자가 또 주문이 있을 것으로 예측되는 경우는 (3)식의 공식에 맞추어 최적 생산 로트 크기를 구해야한다. 이 경우에 대해선 좀더 연구가 필요하다.

기타 개선사항으로는 다음과 같다. 위식 (9)-(11)들에서 불량율 ( $b$ ), 준비시간 ( $\theta$ ), 작업장에서의 대기요소 ( $\delta$ ) 등은 노력으로 줄이도록 해결해야 할 요소들이다. 일본의 중소기업들이 끊임 없이 개선으로 높은 생산성을 얻었듯이 우리나라 중소기업이 특히 노력해야 할 요소들이다. 불량율과 준비시간 등의 개선 요소들에 따라 로트 크기와 안전재고 량이 달라지므로 서로 개선 효과가 있다.

3. 결론 및 추후 연구

이 논문에서는 JIT를 수행하는 대기업에 납품하는 우리나라 중소기업의 실정에 맞는 재고정책에 대하여 살펴왔다. 중소기업 상황을 수식으로 표현하였으며, 재고정책을 제시하였다. 좀더 현실에 적합한 모델을 구축하여 현실에 적용되는 프로그램을 개발하고 적용하는 일은 추후 연구과제로 남겨놓았다.

참고문헌

[1]Brown, R., Decision Rules for Inventory Management, IRWIN, New York, 1967  
 [2]Buffer & Miller, Production-Inventory System, IRWIN, Homewood, 1979  
 [3]Hopp, W.J. and M.C. Spearman, Factory Physics, IRWIN, Chicago, 1996  
 [4]Kim, J.S. and W.C. Benton, Lot size dependent lead time in a Q,R inventory system, International Journal of Production Research, 33, 1, pp. 41-58, 1995  
 [5]Vollmann, T., W. Berry and C. Whybark, Manufacturing Planning and Control System, IRWIN, Homewood, 1992

부록 반복 알고리즘의 소개

단계 1(기본 EOQ 계산):  $Q = \sqrt{\frac{2Ds}{h}}$   
 단계 2(사이클당 안전 재고의 최적 확률을 결정):  
 $F = \frac{Qh}{Db}$   
 단계 3(안전 재고 계산):  $B = k \times \sigma \times \sqrt{L}$   
 $L = (\theta + PQ)\delta$

$F = \int_k^\infty f(z)dz, \text{ and } z \sim N(0, 1)$   
 단계 4(사이클당 재고 고갈의 기대되는 수 추정):  
 $S = E(k) \times \sigma \times \sqrt{L}$

$E(k) = \int_k^\infty z f(z) dz, \text{ and } z \sim N(0, 1)$   
 단계 5(인도 타임 상호작용 요인  $\Delta$  계산):  
 $\Delta = k \sigma p \delta \frac{1}{\sqrt{(\theta + pQ)\delta}}$  (부록 1)

단계 6(개정된 로트 크기 계산):  
 $Q = \sqrt{\frac{2D(s + S_1c)}{h(1 + \Delta)}}$

단계 7( Q와 Q'를 비교하여 반복 결정):  
 만약  $|Q' - Q| \leq \epsilon$  이면 반복을 멈추고 총비용을 계산한다.

만약  $|Q' - Q| \geq \epsilon$  면 단계 2로 가서 Q를 Q'로 대체

$\epsilon$ 는 작은 양의 수 (반면에  $\epsilon$ 는 1 이거나 컨테이너에서 작은 크기로 하기도 함)

- 이상 -