

# JIT형의 기업에 납품하는 중소기업의 재고 및 검사 전략

이상복 · 안해일 · 김국

서경대학교 산업공학과

## Strategy of Inventory and Inspect of small-to-medium-sized Enterprises which are getting Orders from Large Enterprises using JIT(just in time) System

Sang-Bok Ree · Hae-Il Ahn · Kuk Kim

In this paper, we analyze the inventory and inspect cost of small-to-medium-sized enterprises which are getting orders from large enterprises using JIT(just in time) system. So far, we have not found the good inventory and inspect cost formula for the small-to-medium-sized enterprises. In this paper, we first survey the inventory and inspect strategy and cost formula of the small-to-medium-sized enterprises in this country. We are trying to mathematical modelling of several cases depending on the inventory and inspect strategy of large enterprises. We suggest inventory and inspect several cost formula by using the method minimizing the total cost of the small-to-medium-sized enterprises. We also give some numerical examples for your understanding.

### 1. 서론

일본에서 JIT(just in time) 생산방식이 크게 성공하면서 우리 나라에서도 많은 기업들이 JIT 생산방식을 도입하고 있다. 특히 JIT 생산방식인 일본 도요타의 간판시스템을 도입한 대기업도 많이 있다(국내 자동차회사, 전자회사 등에서 운영되고 있다). JIT 생산방식을 채택한 기업의 목적은 일본에서 성공한 것같이 재고비용을 줄이면서 품질을 최우선으로 하고자 한 것이다. 그러나 일본에서 성공을 거둔 JIT 생산방식이 우리 나라에서도 성공하기 위해서는 대기업에 납품하는 중소기업들이 일본 중소기업만큼 대기업의 JIT 생산방식에 맞추어 생산할 수 있는 능력이 있고, 대기업과 중소기업 간의 긴밀한 협조도 잘 이루어져야 한다. 그러나 우리 나라 중소기업의 사정은 일본과 다르다. 대부분 중소기업은 아직 필요한 시설, 기술 그리고 관리가 충분하지 않기 때문에 일본 중소기업같이 JIT 생산방식을 적용하여 생산하는 데 어려움이 많이 있다(이상복 역, 1996; 강석호, 이상복, 1990; 이상복, 강석호, 1995; 이상복, 김국, 안해일, 1996; 이상복, 1998).

대기업 JIT 생산방식에 맞춰 납품하는 많은 중소기업은 기

존의 납품방식[EOQ(economic order quantity 경제적 주문량) 모델을 기본으로 했다]보다 많은 재고를 비축하고, 높은 물류비용을 지불하고 있다. 현재 JIT 생산방식을 적용하는 대기업에 납품하는 많은 중소기업들은 정확한 시간에 납품하기 위해서 부품 차량을 대기업 공장 앞에 몇 시간씩 기다리고 있는 실정이다. 이는 정확한 시간에 납품하지 못하는 중소기업에 높은 벌금을 부여하기 때문이다(예로 JIT 생산방식을 실시하는 S기업에 오전 8시에 정확히 납품하기 위해서 전날 밤에 S기업 정문에 도착하여 밤새 기다리는 중소기업 차량이 많이 있다<sup>1)</sup>). 대기업이 JIT 생산방식을 도입하기 전에는 중소기업은 대기업 공장 내 부품창고에 부품 고갈이 나지 않도록 중소기업이 알아서 적당한 양을 납품하였다. 그러나 이제는 대기업 내의 부품창고가 없어졌으므로 중소기업 창고에 보관하게 되었다. 이는 대기업에서 JIT 생산방식 도입 전에 보유했던 부품 재고를 중소기업에서 보유하게 된 것이다. 결국 대기업은 재고비용이 절감되었지만, 중소기업은 그만큼 재고비용이 증가하였다.

또한 일반 소비자의 요구가 까다로워지면서 대기업에선 중소기업에 높은 품질을 요구한다. 정확한 양만 납품하기 때문

1) 저자가 납품하는 중소기업 사장을 통하여 확인한 사실이다.

에 불량에 대해서도 높은 벌금을 부여한다. 품질을 높이는 것이 중소기업의 과제이다. 대기업의 요구사항을 맞추지 못하면, 신용도가 떨어진다. 신용을 잃게 되면 회사의 운명과 관계된 것이다. 현재 우리 나라의 중소기업이 호소하는 어려움은 여러 가지가 있다. ① 대기업의 다품종 소량생산에 맞춰 중소기업도 다품종 소량생산해야 하는 어려움, ② 중소기업은 공정 능력이 충분치 않아서 생산부품 교체시 낭비가 많은 점, ③ 많은 대기업이 즉시 시스템(JIT 시스템)을 적용함에 따라서 납품 요구기간이 점점 짧아지고 있는 점, ④ 충분한 자재창고가 없기 때문에 미리 충분히 생산하기도 어려운 점, ⑤ 검사 이론에 대한 지식을 갖춘 능력 있는 인재가 부족한 점 등이다.

본 논문은 중소기업의 재고비용과 검사비용을 함께 고려하여 결정되는 총비용 계산식을 유도하는 데 의의가 있다. 논문 2장에선 중소기업의 재고비용에 대하여 살펴보았고, 3장에선 중소기업의 검사비용에 대하여 살펴보았다. 4장에선 재고비용과 검사비용을 동시에 고려하여 전체비용을 살펴보았다. 마지막 장에선 결론을 제시하였다.

## 2. JIT 생산방식에 납품하는 중소기업의 재고정책

### 2.1 JIT 생산방식의 재고정책

JIT 생산방식을 실제 생산 운영 시스템으로 구현한 것 중 대표적인 것은 일본 도요타의 간판시스템이다.

간판시스템의 JIT 재고방식과 EOQ 방식이 차이 나는 것은 로트 크기를 정하는 방법이다. EOQ 재고정책은 총재고비용을 최소화하기 위해서 로트 크기를 정한다. 도요타의 간판시스템은 생산비용보다 품질을 중시했기 때문에 품질 향상에 적합한 로트 크기를 정한다. 품질 향상에 적합한 이상적인 로트 크기는 1이다. 로트 크기가 1이면, 각 작업자는 한 순간에 하나의 제품만 생산하기 때문에 약간의 불량도 허용하지 않고 여유 재고가 없기 때문에 최선을 다하게 된다. 현실적으로 생산준비비용 때문에 로트 크기가 1일 수 없고 가능한 범위에서 작게 한다. 이를 달성하기 위해 일본 생산현장에선 생산준비비용을 줄이기 위해서 끊임없이 개선하고 있다. 일본의 간판시스템 설계자들은 EOQ 개념을 두 가지 면에서 비판한다. 첫째 EOQ에서는 유지비와 준비비용만 비용으로 고려한다. 그러나 로트 크기에 따라 품질, 폐품, 작업자 동기부여, 책임의식 그리고 생산성도 영향을 받기 때문에 이들도 로트 크기 정하는 데 고려해야 한다. 이 중 특히 품질은 다른 비용보다 중요하게 다루어야 한다는 것이다. 둘째, EOQ에서는 재고유지비용보다 생산준비비용을 고정된 것으로 간주한다. 따라서 생산준비비용을 줄이려는 개선 노력을 하지 않았다. 그러나 간판시스템 설계자는 생산준비비용보다 재고유지비용을 고정된 것으로 간주했다. 개선을 거듭하여 생산준비비용을 줄여나갔다. 미국에서 6시간 걸리는 금형 교환 작업을 일본 도요타에선 10분으로

줄이는 개선을 했다(이상복 역, 1996; 이상복, 김 국, 안해일, 1996). 재고유지비용은 줄일 수 없는 비용이라 해석하고 그에 따른 연쇄적인 부작용을 우려하였다. EOQ 모델에서도 준비비용이 적으면, 로트 크기가 적게 되어 간판 시스템에서 추구한 로트 크기와 같아진다(강석호, 이상복, 1990; 이상복, 강석호, 1995; 이상복, 김 국, 안해일, 1996; 이상복, 1998).

### 2.2 JIT 생산방식을 적용하는 대기업에 납품하는 중소기업의 재고정책

현재 우리 나라에서 JIT를 실시하는 대기업은 주문량과 납품시간을 몇 개월 전에 중소기업에 통보한다<sup>2)</sup>. 중소기업의 기본적인 재고정책은 가능한 적은 비용으로 대기업의 요구를 맞추어 주는 것이다. 현재 대기업에 납품하는 중소기업의 생산용량은 충분하다<sup>3)</sup>. 중소기업의 어려운 점은 대기업의 주문량과 납품시간이 불확실한 데 있다. 요즘 제품수명이 짧아지고, 소비자의 취향이 급변하기 때문에, 대기업에서도 과거같이 정확한 계획하에 생산할 수 없게 되었다. 급변하는 환경에 맞추기 위해서 대기업에서 재고비용을 줄이기 위한 정책이 바로 중소기업에 이어지게 되므로 아직 충분히 훈련되지 않은 중소기업에는 어려움이 많다. 중소기업 입장에서 대기업으로부터 주문받는 것이 확정적인 경우와 불확실한 경우로 나누어 재고비용을 살펴본다.

#### 2.2.1 주문이 확정적인 경우의 재고비용

대기업의 재고정책이 JIT 생산방식으로 바뀌었어도, 중소기업의 재고정책은 기본적으로 크게 달라진 게 없이, 주문량과 납품 요구시간에 맞추어 생산한다.

중소기업 재고정책에서 가장 중요하게 생각하는 것은 재고 고갈 방지이다. 주문량을 기간 내에 생산할 수 있는지 식으로 살펴본다.

부품생산시간은 대기시간(queueing time), 작업준비시간(setup time), 처리시간(processing time) 등으로 이루어진다. 대부분의 생산시간은 대기시간에서 가장 많은 시간이 소요된다. 부품생산시간 ( $T_{pro}$ )은 식(1)과 같다.

$$T_{pro} = (\theta + \frac{Q_{pro}}{b})\delta \quad (1)$$

$T_{pro}$  : 주문받아 중소기업에서 생산하는 시간

$\theta$  : 준비시간

$b$  : 시간당 생산능력

$Q_{pro}$  : 중소기업에서 생산해야 할 양

$\delta$  : 작업장에서의 대기요소

- 2) 기업에 따라서 요구시간은 차이가 난다. 일본 간판시스템을 도입한 대기업들은 대부분 2~3개월 전에 통보한다.
- 3) 중소기업들은 대기업에서 주문받는 양이 적다고 생각한다.

여기서 제시된  $\delta$ 는 작업장에서의 대기요소로 제품이 생산되기까지의 대기관련요소들을 종합한 것이다. 예로  $\delta$ 가 1이면 생산되어 바로 인도되는 것이고,  $\delta$ 가 10이면 실제생산시간의 10배가 됨을 나타낸다<sup>4)</sup>(Kim, Benton, 1995). JIT를 적용하는 기업에서는  $\delta$ 를 작게 하기 위해서 많은 개선을 한다.

중소기업에서 대기업에 주문량 인도시간은 실제생산기간과 대기업까지 이동하는 이동시간의 합이다. 이동시간을 감안하여 실제 대기업에 납품하는 시간 ( $L_{pro}$ )은 아래 식 (2)와 같이 얻어진다.

$$L_{pro} = T_{pro} + tran \quad (2)$$

$L_{pro}$ : 대기업에서 주문받아 대기업에 인도하기까지 시간,  $tran$ : 납품처까지 배달 시간, 교통량을 고려하여 충분한 시간으로 잡는다<sup>5)</sup>.

중소기업은 대기업에서 납품을 요청 받으면, 자신의 회사에서 기간 내에 납품이 가능한지를 대기업의 요구시간 ( $L_{req}$ )과 중소기업에서 인도할 수 있는 시간 ( $L_{pro}$ )을 비교하여 결정한다. 즉  $L_{pro} \leq L_{req}$  이면 대기업에 납품할 수 있는 경우이고,  $L_{pro} > L_{req}$  이면 대기업의 요구를 모두 만족할 수 없는 경우이다. 두 가지 경우의 재고비용을 분석하면 다음과 같다.

첫째, 대기업이 요구한 시간 내에 충분히 납품할 수 있는 경우 ( $L_{pro} \leq L_{req}$ ): 이 경우는 생산비와 공장에서 생산되어 납품하기까지의 시간 ( $L_{pro} - L_{req}$ )은 공장의 재고로 남게 되어 재고유지비가 든다. 이 경우의 총비용 ( $INVC_1$ )은 다음 식 (3)과 같다.

$$INVC_1 = s + \frac{Q_{pro}}{b} c_1 + (L_{req} - L_{pro}) \cdot Q_{req} \cdot c_2 \quad (3)$$

$c_1$ : 단위시간당 생산비용

$c_2$ : 단위당 단위시간당 재고유지비용

$Q_{req}$ : 주문량생산량  $Q_{pro}$ 와 같다)

이 경우 재고전략은 납품에 지장 없는 범위 내에서 생산시간을 자유롭게 결정할 수 있다.

둘째, 요구한 인도시간 내에 인도할 수 없는 경우 ( $L_{pro} > L_{req}$ ): 대기업에서 주문한 양을 생산할 수 없는 양에 대해서는 벌금이 부과되므로, 모자라는 부분을 다른 중소기업에 하청준다. 대기업에서 주문한 양 중 인도시간 내에 생산할 수 있는 양 ( $Q_{pro}$ )은 식 (1), (2)를 이용하여 구할 수 있다. 즉,

$(\theta + \frac{Q_{pro}}{b})\delta + tran = L_{req}$ 을 풀면 된다. 이는 식 (4)와 같다.

$$Q_{pro} = b \left( \frac{L_{req} - tran}{\delta} - \theta \right) \quad (4)$$

하청량 ( $Q_{ord}$ )은 식 (4)의 결과와 대기업에서 주문받은 주문량과의 차이이다. 즉 식 (5)이다.

$$Q_{ord} = Q_{req} - Q_{pro} \quad (5)$$

이 경우 비용 ( $INVC_2$ )은 다음 식 (6)과 같다.

$$INVC_2 = s + \frac{Q_{pro}}{b} c_1 + Q_{ord} \cdot c_3 \quad (6)$$

$c_3$ : 단위당 하청비용

위의 두 경우를 한 식으로 표현할 수 있다. 즉 재고가 있는 경우와 하청을 주는 경우를 식 (7)과 같이 표현할 수 있다. 생산준비비용, 생산비용, 납품전 재고비용(있을 시), 하청비용(있을 시)의 합한 총비용 ( $INVC_3$ )은 아래 식 (7)과 같이 표현된다.

$$INVC_3 = s + \frac{Q_{pro}}{b} \cdot c_1 + \max(0, L_{req} - L_{pro}) \cdot Q_{req} \cdot c_2 + \frac{\max(0, L_{pro} - L_{req})}{|L_{req} - L_{pro}|} \cdot Q_{ord} \cdot c_3 \quad (7)$$

중소기업에서는 하청비용과 생산비용을 비교하여, 하청주는 것이 전체비용에서 절감되면, 첫째의 경우에도 하청을 줄 수 있다. 하청주는 양은 0에서 전체 주문량 ( $Q_{req}$ )까지 자유로이 결정할 수 있다. 중소기업의 재고정책은 어느 경우든 전체 비용이 최소가 되는 정책을 선택한다.

예제 1: ABC 중소기업은 JIT 생산방식을 적용하는 대기업에 볼트 부품 928개를 6일 후 오전 9시까지 납품하라는 지시를 받았다. ABC 중소기업은 주문이 납품 가능한지를 먼저 검토해야 하고, 생산계획을 세워야 한다. 현재 ABC 중소기업의 생산 속도는 분당 볼트 1개씩 생산한다. 공장은 하루 8시간 운행한다. 작업을 시작해서 끝날 때까지의 부품 작업 준비시간은 3시간이고 대기요소  $\delta$ 는 2이다. 볼트부품을 ABC 중소기업에서 대기업까지 이동하는 시간은 3시간이면 충분하다.

먼저 부품이 생산 가능한지를 계산한다. 생산시간은  $T_{pro} = (3 \cdot 60 + \frac{928}{1}) \cdot 2 = 2216$ 분이다. 이는 하루에 8시간 (480분) 작업하므로 5일이면 작업이 끝난다. 이 경우엔 생산 가능하다. ABC 중소기업은 인도시간(180분)까지 포함하면 2369분이 소요된다. 이는 요구시간 2400분(5일)보다 적은 시간이다. ABC 중소기업은 6일 후 오전 9시까지 부품 인도가 충분하므로 이 기간 내에 자유로이 생산할 수 있다.

만약 대기업에서 3일 후 오전 9시까지 납품하라는 지시를 받았다면, 위의 계산 결과로 생산가능하지 않다. 이 경우엔 요구인도기간 전인 3일 동안 생산할 수 있는 양  $Q_{pro} = 1$

4) 대기요소( $\delta$ )가 곱셈으로 표현된 것은 로트로 생산된 것이 실제 인도되기까지의 여러 대기 요소를 묶어서 표현한 것이다. 각 생산작업장의 능력과 같다. 참고문헌[Kim, J. S. and Benton 1995] 참조

5) 우리 나라 도로에서 소요되는 시간이 불확실하기 때문에, 많은 중소기업에선 대기업에서 요구한 인도시간의 3~4시 전에 도착한다.

$\left(\frac{3 \times 480 - 0}{2} - 3 \times 60\right) = 540$ 이다. 나머지  $388(928 - 540)$ 은 다른 기업에 하청을 주어야 한다. ABC 중소기업은 하청비용을 고려하여 하청주는 것이 더 이익이라면 388개에서 928개까지 하청줄 수 있다.

2.2.2 주문이 불확실한 경우의 재고비용

JIT 생산방식을 적용한 대기업에서는 조금씩 자주 부품을 요구하지만 중소기업에선 요구하는 대로 조금씩 생산하기가 어렵다. 아직까지 우리 나라 대기업에선 장기간의 정확한 생산일정을 작성하여 충분한 시간 전에 부품 납품을 의뢰하기보다는 단기간에 주문을 의뢰한다. 중소기업에선 주문받으면 또 주문이 있을 것을 예측하여 주문량보다 더 많이 생산하여 다음에 요구할 시에 납품한다. 그러나 주문이 없으면 모두 버리게 되어 손해가 크게 된다. 이러한 경우를 대비하는 노력이 필요하다. 여기에서는 이러한 경우의 재고정책을 살펴본다.

간단한 경우로 처음에 일정량을 주문 받았을 때, 추후에 좀 더 주문 요청이 있을 것을 확률적으로 예측하여 좀 더 생산하는 것이 좋은지 아니면 추후 요청이 있을 시에 생산하는 것이 좋은지를 두 가지로 나누어 수식으로 모델링하고 비용을 분석해 본다.

첫째, 처음 주문량( $Q_1$ )만 생산하고, 추후 요청이 있을 때, 추후 주문량( $Q_2$ )을 생산하는 경우: 이때 비용( $INVC_4$ )은 준비비용과 처음 주문량에 대한 생산비, 추후 주문량 준비비용과 생산비용의 합이다. 이를 식으로 나타내면 식 (8)과 같다.

$$INVC_4 = s + \frac{Q_1}{b} c_1 + f(s + \frac{Q_2}{b} c_1) \quad (8)$$

- $Q_1$ : 처음 생산 요구량
- $Q_2$ : 추후에 주문이 있을 것으로 생각되는 양
- $f$ : 추후에 주문받을 확률( $f$ 는 경험적으로 알려진 값이다. 혹은 경영자의 판단에 맡긴다. 현재로서는 계산될 수 없지만, 경영 의사결정 시에는 사용되는 개념이다)
- $s$ : 생산 준비비용
- $c_1$ : 단위시간당 생산비용
- $c_2$ : 단위당 단위시간당 재고유지비용

둘째, 처음 주문량( $Q_1$ )과 예측되는 주문량( $Q_3$ )을 한번에 생산하는 경우: 이때 총비용( $INVC_5$ )은 준비비용과  $Q_1 + Q_3$ 의 생산비용, 일정한 시간 동안의 재고유지비용과 추후 있을 것으로 예측했으나 주문이 없을 시의 폐기비용이 든다. 이를 식으로 나타내면 다음 식 (9)와 같다.

$$INVC_5 = s + \frac{Q_1 + Q_3}{b} c_1 + LQ_3c_2 + (1 - f)Q_3c_4 \quad (9)$$

- $Q_3$ : 추후에 주문이 있을 것으로 예측한 양
- $f$ : 추후에 주문 받을 확률
- $L$ : 추후 생산이 요구되기까지의 시간

$c_4$ : 단위당 폐기비용

중소기업에선 위 식 (8), (9)에서 여러 변수의 값이 정해지면, 비용을 계산하여 비용이 적게 드는 경우를 선택하는 것이 합리적이다. 위의 두 가지 경우를 종합하면,  $INVC_4 = INVC_5$ 에서 아래 식이 구해진다.

$$f^* = \frac{\frac{Q_3}{b} c_1 + LQ_3c_2 + Q_3c_4}{s + \frac{Q_2}{b} c_1 + Q_3c_4} \quad (10)$$

새로 주문받을 확률이  $f^*$ 보다 크다고 결정하면 다음 크기 만큼 더 생산하고, 작다면 주문받은 것만 생산한다.

중소기업의 재고정책은 대기업의 생산정책에 의존한다. JIT를 적용하는 대기업의 생산결정은 시장의 소요변동과 납품업체의 품질에 따라서 주문을 결정한다.

대기업에 납품하는 중소기업의 재고전략은 대기업에 신뢰 받을 수 있는 품질향상과 시장변화를 대기업과 같이 늘 주의하는 것이 가장 중요하다.

예제 2: 각 변수의 값이  $Q_1 = 100$ ,  $Q_2 = 300$ ,  $f = 0.5$ ,  $L = 10$ ,  $s = 100$ ,  $b = 2$ ,  $c_1 = 5$ ,  $c_2 = 0.01$ ,  $c_4 = 30$ 일 때는  $INVC_4 = 775$ ,  $INVC_5 = 5630$ 으로  $INVC_4$ 의 경우가 유리하다. 그러나 위의 변수에서  $f = 1$ 로 변화하면  $INVC_4 = 1200$ ,  $INVC_5 = 1130$ 으로  $INVC_5$ 의 경우가 유리하다.

3. JIT 생산방식에 납품하는 중소기업의 검사정책

검사설계는 불량품을 소비자에게 전달되지 않게 하는 데 목적이 있다. 불량품에 대한 벌금은 점점 높아지고 있다. 대기업에서는 납품받은 부품에 대해선 일정량의 불량률을 허용한다. 대기업은 중소기업으로부터 납품받은 부품을 합격으로 판정했어도 실제 생산라인에서 불량률이 허용치 이상이면 클레임을 제기한다. 납품하는 중소기업의 입장에서 검사를 정확하게 하여 대기업으로부터 지적을 받지 않는 게 중요한 일이다.

중소기업에서 부품을 생산하여 대기업 조립라인까지 이동되는 동안 여러 군데서 검사를 한다. 각 장소에서 전수검사를 하면 이상적이지만, 현실적으로 비용 문제로 전수검사를 못하고 있다.

중소기업에서는 부품을 납품하기 전에 자체적으로 검사를 한다. 첫째, 공정중의 검사로 생산부품을 바꿔 새 부품을 생산할 시에는 부품이 안정적으로 생산될 때까지 전수검사를 철저히 한다. 이 기간에 생산되는 부품의 불량률이 매우 높다. 안정이 되면 일정한 시간별로 샘플링 검사를 한다. 둘째, 출하 검사로 부품창고에서의 검사는 선별형 샘플 검사를 한다. 불량률이 기준치 이상이면 전수검사를 하여 불량품을 양품으로 교체한 후 납품한다.

### 3.1 중소기업의 출하 검사설계 정책

JIT를 적용하는 대기업에서는 납품되는 부품을 샘플링 검사를 하지 않고, 생산라인에 투입하게 된다. 생산라인에서 납품된 부품을 사용하는 것은 전수검사와 같은 의미이다. 생산라인 불량률이 어느 정도 이상이면 중소기업에 클레임을 청구한다. 중소기업에서 직원을 파견하여 생산라인에 들어가기 전에 전수검사를 실시하여 불량품을 제거하고, 불량품에 대한 해명서와 불량방지 약속을 한다.

대기업에선 중소기업의 수준에 따라 불량률에 대한 기준을 정해놓고 기준에 따라 벌금에 차등을 둔다. 불량률이 높은 중소기업엔 벌금을 많이 부과하여 스스로 불량률을 낮추도록 유도한다.

임계불량률은 전수검사 혹은 샘플링 검사를 할 것인지 결정하는 불량률 수준이다. 월 평균 납품하는 부품의 개수를  $A$ 라 하고, 부품 한 개당 검사비용을  $c_{10}$ 이라 하자. 납품 전에 발견된 불량은 제조원가에 해당하는 부품당 비용으로  $c_{11}$ 이라 하고, 대기업 생산라인에서 발견된 불량을 처리하는 부품당 비용은 납품가인  $c_{12}$ 라 하자. 중소기업의 부품 불량률을  $p$ 라 하자. 납품된 불량품을 교체하기 위한 품질담당의 인건비( $c_{13}$ ) 외에 신용도와 회사 이미지 손상비( $c_{14}$ )도 고려한다(Taguchi, 1993). 이러한 손해는 비용으로 환산할 수 없이 중대한 손실이다.

전수검사를 하지 않고 보낸 경우의 총비용  $INSC_1$ 은 다음 식과 같다.

$$INSC_1 = A \cdot p \cdot c_{12} + c_{13} + c_{14} \quad (11)$$

전수검사하여 납품한 경우의 비용  $INSC_2$ 는 전수검사비용과 중소기업 내에서 찾아낸 불량품을 교체하는 비용의 합이다.

$$INSC_2 = A \cdot c_{10} + A \cdot p \cdot c_{11} \quad (12)$$

이 경우의 임계불량률을 계산하면,  $INSC_1 = INSC_2$ 인 경우로 다음 식과 같다.

$$p^* = \frac{Ac_{10} - c_{13} - c_{14}}{Ac_{12} - Ac_{11}} \quad (13)$$

중소기업 입장에서 공정능력이 자신이 없으면, 전수검사하는 것이 유리하다.

### 3.2 중소기업의 전수검사시 비용

전수검사를 목적으로 자동검사기를 구입하거나 전문검사인을 고용할 경우의 경제성을 분석해 보자.

#### 3.2.1 전수 자동검사기 구입

자동검사기기의 구입가를  $MC$ 라 하고, 1년간 자동검사기의 감가상각비는 구입가격  $MC$ 의  $d$ 라 하면, 자동검사기를 설치

했을 때, 월 평균 자동검사기를 유지하는 비용  $MCC$ 은 자동검사기 소모비용과 불량처리 비용을 합한 것이다. 월 평균 납품량을  $A$ 라 하면, 아래와 같다.

$$\begin{aligned} MCC &= \frac{d \cdot MC}{12 \cdot A} \cdot A + A \cdot p \cdot c_{11} \\ &= \frac{d \cdot MC}{12} + A \cdot p \cdot c_{11} \end{aligned} \quad (14)$$

전수검사하는 경우와 비교한  $MCC < INSC_2$ 인 경우에는 식 (15)와 같다.

$$MC < \frac{12A \cdot c_{10}}{d} \quad (15)$$

불량률에 자신 있어 전수검사를 하지 않은 경우인  $INSC_1$ 과 비교한  $MCC < INSC_1$ 인 경우에는 식 (16)과 같다.

$$MC < \frac{12A \cdot p \cdot (c_{12} - c_{11}) + c_{13} + c_{14}}{d} \quad (16)$$

$MC$ 가 식 (15)와 식 (16)을 모두 만족하면 전수 자동검사기를 구입하는 것이 경제적이다.

#### 3.2.2 전문 검사원을 새로 들 경우

전문 검사원을 새로 들 경우에 연 평균임금을  $HC$ 라 하면, 월평균 소요되는 비용을  $MHC$ 라 하자.

$$MHC = \frac{HC}{12} + a \quad (a \text{는 기타비용}) \quad (17)$$

검사원을 새로 고용하는 것이 기존 전수 검사방법보다 경제 적일 때 의미가 있다.

전수검사하는 경우와 비교한  $MHC < INSC_2$ 인 경우에는 식 (18)과 같다.

$$MHC < A \cdot c_{10} + A \cdot p \cdot c_{11} \quad (18)$$

전수검사하지 않은 경우와 비교한  $MHC < INSC_1$  경우는 식 (19)와 같다.

$$MHC < A \cdot p \cdot c_{12} + c_{13} + c_{14} \quad (19)$$

식 (18)과 식 (19)를 만족하면, 전문 검사원을 별도로 두는 것이 유리하다.

예제 3: D기업과 S기업에 사출성형 부품을 납품하는 E중소기업의 경우에 검사설계를 적용해 본다. E중소기업은 위에서 지적한 대로 전형적인 한국적 중소기업으로 많은 어려움을 겪고 있다. 현재 검사원이 1명 있으나, 전수검사는 불가능한 실정이다. 이에 사장은 검사 업무를 분석하여 새로이 검사원을 충원할지 검토하고 있다. 사출성형 부품의 불량률은 대부분 색상 불량과, 미세한 성형불량이므로, 아직 자동화된 검사기는 없다. 필요한 데이터를 다음과 같이 모았다.

월 평균 생산량(A) 50,000개이고, 개별 검사하는 비용( $c_{10}$ )은 10원이고, 출하 검사시에 발견된 부품을 폐기하는 비용( $c_{11}$ )은 부품 원가와 같으므로 1,000원이고, 중소기업 내에서 발견된 부품을 처리하는 비용( $c_{12}$ )은 부품 납품가와 같으므로 1,500원이다. 대기업 내에서 발견된 불량품을 교환하는 비용( $c_{13}$ )은 30,000원이고, 클레임 비용( $c_{14}$ )은 100,000원이라 하자.

전수검사를 하는 경우의 임계불량률은  $p^* = \frac{Ac_{10} - c_{13} - c_{14}}{A(c_{12} - c_{11})} = 0.015$ 이다. 불량률이 1.5% 이하일 때는 전수검사를 않고 그냥 송부하는 것이 유리하나, 불량률이 1.5%보다 클 때는 전수 검사하는 편이 유리하다. 그러나 이 경우엔 클레임을 금액으로 환산하지 않았다. 이 경우 새로 검사원을 고용하는 경우의 비용은 식 (19)에서,  $MHC < 75,000,000 \cdot p + 130,000$ 으로, 임계불량률(0.015)일 때는 1,255,000원이다. 1,255,000원보다 적은 가격으로 새로 검사원을 고용하는 것이 유리하다.

#### 4. 중소기업에서 재고비용과 검사비용을 동시에 고려한 경우

본 절에서는 재고비용과 검사비용을 동시에 고려하여 전체비용을 계산하는 경우에 대하여 살펴본다. 주문이 확정적이고 로트 크기가 불량률에 영향을 미치지 않는 경우는 간단하므로 여기선 고려하지 않는다. 또한 로트 크기가 불량률에 영향을 미치는 경우로 재고비용과 검사비용 사이의 수학적인 관계식을 이끌어 내어 서로간의 관계 속에서 최적조건을 구하는 문제는 추후 연구과제로 남겨둔다.

##### 4.1 주문이 확정적인 경우로 로트의 크기가 불량률에 영향을 미치는 경우

JIT 철학의 기초는 로트의 크기와 불량률과의 관계에 있다. 즉 로트 크기가 작을수록 불량률은 작아진다는 것이다. 이는 간단한 증가함수로 다음 식 (20)과 같이 나타낼 수 있다.

$$p = \begin{cases} h_1(Q) & 0 \leq Q \leq Q_0 \\ h_2(Q) & Q_0 \leq Q \end{cases} \quad (20)$$

항상  $h_2 > h_1$  을 만족한다. 즉 불량률은 로트 크기가 일정한 범위를 벗어나면 불량률이 급속하게 발생한다는 것이다. 불량률  $p$ 는 로트 크기  $Q$ 에 따라 아래 <그림 1>과 같은 함수로 생각할 수 있다. 검사비용은 로트의 크기에 따라 달라진다. 로트의 크기가  $Q_0$ 보다 클 경우는 불량률이 높기 때문에 전수검사를 하는 편이 좋고,  $Q_0$ 보다 작을 경우는 전수검사하지 않고 납품하는 경우가 유리하다. 확정적인 경우의 재고비용은 식 (7)을 사용한다.

불량률에 따라 검사비용은 식 (11)과 식 (12)를 선택하여 사용한다(여기서는 불량률에 따라 재고비용도 변하는 경우는 생각하지 않았다). 이를 정리하면 다음 표와 같다.

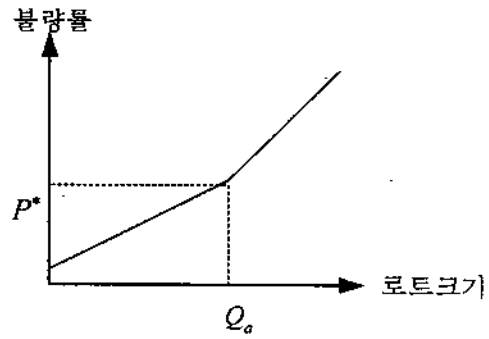


그림 1. 로트크기에 따른 불량률 함수.

표 1. 로트 크기에 따른 재고비용 및 검사비용 그리고 전체비용

	$A \leq Q_0$ 인 경우	$A \geq Q_0$ 인 경우
재고비용	$INVC_3$	$INVC_3$
검사비용	$INSC_1$	$INSC_2$
전체비용	전체비용 = 재고비용 + 검사비용	

##### 4.2 주문이 비확정적인 경우로 재고비용과 검사비용이 독립인 경우

재고비용과 검사비용이 독립인 경우엔 재고비용과 검사비용이 서로 영향이 없다고 가정할 수 있다. 이 경우에 고려한 경우는 주문을 받을 확률  $f^*$ 와 불량률  $p^*$ 로 결정된다. 이를 그림으로 그리면 <그림 2>와 같다. 전체비용을 각 경우에 따라 <표 2>와 같이 정리할 수 있다.

#### 5. 결론 및 추후 연구

중소기업의 어려운 점은 자본이 빈약하고, 고유기술이 없고,

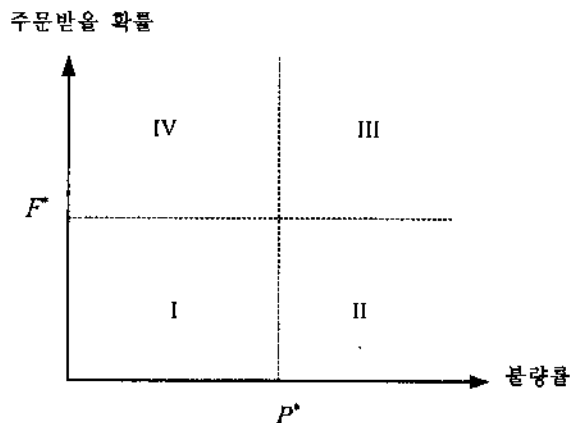


그림 2. 주문이 비확정적이고 재고비용과 검사비용이 독립인 경우.

표 2. 재고비용 및 검사비용 그리고 전체비용

	I인 경우	II인 경우	III인 경우	IV인 경우
재고비용	$INVC_1$	$INVC_1$	$INVC_5$	$INVC_5$
검사비용	$INSC_1$	$INSC_2$	$INSC_2$	$INSC_1$
전체비용	전체비용 = 재고비용 + 검사비용			

설비 투자의 빈약 등 많은 이유가 있다. 그 중 대기업에서 중소기업에 주문을 할 때, 중소기업에 대한 충분한 고려가 없다는 것도 하나이다. 우리나라도 요즘엔 대기업에서 납품하는 중소기업에 기술지도, 품질지도 등을 실시하고 있으나 전체적으로 보면 미미하다. JIT를 실시하는 대기업에 납품하는 대부분의 중소기업은 과거보다 더 어려워지고 있다고 하소연한다.

이 논문에서는 JIT를 적용하는 대기업에 납품하는 우리나라 중소기업의 실정에 맞는 재고비용에 대하여 살펴보았다. 우리나라 중소기업 상황의 몇 가지 가능한 경우를 수식으로 표현하였으며, 이러한 경우에 재고 비용을 살펴보았다.

납품만 하는 중소기업의 검사 설계에 대하여 살펴보았다. 품질은 검사로 검출될 수 없고, 공정으로 관리해야 한다. 그러나 이미 불량을 생산했을 때, 최소의 비용으로 검사를 철저히 해서 불량을 납품하지 않는 것이 중요하다. 납품만 하는 중소기업의 검사설계에 대하여 비용을 계산하는 방법을 살펴보았다. 전수검사 비용과 전수검사하지 않았을 때 소요되는 비용을 구하여 비교하였으며, 전수검사할 시의 자동검사가 도입과 검사원을 새로 고용하는 경우의 경제성을 분석하였다.

마지막으로 재고비용과 검사비용을 동시에 고려하여 여러 경우의 전체비용을 살펴보았다.

중소기업의 재고관리 문제를 수식으로 해답을 주는 데는 한계가 있다. 첫째는 불확실한 상황 때문이고, 둘째는 모델화에 필요한 여러 상수 데이터가 없기 때문이다. 이러한 상황에서도 가능한 객관적인 모델 구축은 계속 연구되어야 하는 문제로 남아 있다.

검사문제로 고려하지 못한 사항으로 두 가지가 있다. 첫째, 사람의 관능으로 검사를 하는 경우에는 어느 경우나 실수를 한다. 이 논문에선 사람의 실수를 반영한 불량을 고려하지

못했다. 둘째, 여기서는 단일 품목만 단일 대기업에 납품하는 경우만 다루고, 다품종을 여러 대기업에 납품하는 협력회사의 경우엔 고려하지 않았다. 이러한 경우들도 추후 연구과제로 남겨두었다.

로트 크기가 불량률에 영향을 미치는 경우로 재고비용과 검사비용의 관계를 고려하여 최적 해법을 찾는 문제는 연구중이다.

참고문헌

강석호, 이상복 (1990), A study on operation in single-card kanban system with a general-type-structure production process, *대한산업공학회지*, 16(2), 109-117.  
 이상복 (1998), 최적 간판 수거시간에 대한 연구, *한국경영과학회지*, 23(4), 53-61.  
 이상복 역 (1996), *일본 생산 경영 및 기술의 핵심 교훈*, 경문사.  
 이상복, 강석호 (1995), Kanban 합수를 이용한 kanban 시스템의 운영에 관한 연구, *한국경영과학회지*, 20(2), 11-22.  
 이상복, 김국, 안해일 (1996), 도요타 자동차공장의 생산관리, *산업공학회지*, 9(2), 95-104.  
 Buffer & Miller (1979), *Production-Inventory System*, IRWIN, Homewood.  
 Diane J. Reyniers and Charles S. Tapiero (1995), The Delivery and Control of Quality in Supplier-Producer Contracts, *Management Science*, 41(10), 1581-1589.  
 Kim, J. S. and Benton, W.C. (1995), Lot size dependent lead time in a Q, R inventory system, *International Journal of Production Research*, 33(1), 41-58.  
 Taguchi, G. (1993), *Quality Engineering Series(1-7)*, Korea Standard Association, Seoul.



**이상복**  
 서울대학교 수학과 학사  
 서울대학교 산업공학과 석사  
 독일카이저스라우테른대학교 공업수학과 석사  
 서울대학교 산업공학과 박사  
 현재: 서경대학교 산업공학과 교수  
 관심분야: 품질경영분야, 일본생산관리분야, 환경분야



**안해일**  
 서울대학교 산업공학과 학사  
 한국과학기술원 산업공학과 석사  
 미국 아이오아 주립대학 산업공학과 박사  
 현재: 서경대학교 산업공학과 교수  
 관심분야: 응용통계, 기하학적 모델링, 신뢰성 공학, CAD/CAM 응용



**김 국**  
 서울대학교 산업공학과 학사  
 한국과학기술원 산업공학과 석사  
 한국과학기술원 산업공학과 박사  
 현재: 서경대학교 산업공학과 교수  
 관심분야: 신뢰성 및 보전공학, 인간공학, 연구개발관리, 물류관리