

품질비와 고객 지연을 고려한 EOQ 모델 설계

최 성 희 *
Chio Sung Hee
양 광 모 **
Yang Gwang Mo
박 재 현 ***
Park Jae Hyun
강 경 식 ****
Kang Kyong Sik

Abstract

기업의 이익을 최대화하기 위해서는 고객의 만족이 최대화 되어져야 한다. 고객의 만족도를 알 수 있는 부분은 크게 고객의 비용(가격), 고객의 시간(납기), 고객의 요구사항(품질)으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 그 중 시간에 초점을 맞추어 비용으로 환산하여 기업의 입장에서 최소의 비용을 만족하는 최적의 발주량을 산출하여 보고자 한다.

Key Word: Shortage, Customer Waiting

1. 서 론

경제적 발주량(EOQ: Economic Order Quantity)은 흔히 사용하는 발주 방법 중 하나이다. 그러나 경제적 발주량 발주 방법은 기본적으로 품질을 허용하지 않기 때문에, 품질이 발생하는 비용 및 그 손실에 관하여 고려하지 않는다. 그러나 품질이 발생하는 경우, 판매를 하지 못하여 오는 손해보다 품질로 인한 고객의 손실 또는 잠재적 고객의 손실이 보다 큰 손해이다. 또한, 추후 품질이 발생하였다 하더라도 추후납품이 허용된 경우에는 고객이 주문의 납기를 기다리는 시간에 비례하여 고객 지연(customer waiting) 비용이 증가하게 된다. 어느 정도의 품질에 관한 비용과 시간에 비례한 고객 지연 비용을 고려한다고 하더라도 고객의 손실보다는 적은 비용에 속하므로 본 논문에서는 품질비용을 고려한 경제적 발주 모델을 살펴보도록 한다.

* 명지대학교 산업공학과 석사과정

** 명지대학교 산업공학과 박사

*** 서일대학 산업시스템경영과 겸임교수

**** 명지대학교 산업공학과 교수

2. 가 정

품질을 고려한 경제적 발주량 모델을 수립하기 위하여 다음과 같은 가정을 설정한다.

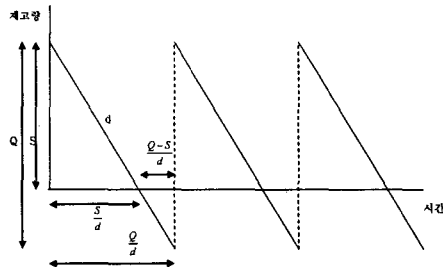
- (1) 주문과 동시에 재고가 채워진다.
- (2) 수요율이 확정적이다.
- (3) 시간에 수요가 일정하게 감소한다.
- (4) 한 번의 주문에는 한번의 주문비가 소요된다.
- (5) 품질을 허용한다.
- (6) 품질이 발생하면 자동으로 추후납품으로 연결된다.
- (7) 추후납품은 고객 지연 시간 후 한번에 충족된다.
- (8) 지연 기간을 알려져 있다.
- (9) 고객 지연 비용은 시간과 양에 따라 비례한다.
- (10) 품질이 발생하지 않는 경우, 품질비와 고객 지연비를 고려하지 않는다.

이때, 품질 발생 시에는 고객의 요구를 만족시키기 위하여 되도록 빠른 시일 내에 재고가 충족되어야 하므로 정규의 주문비용이 아닌 특별 주문의 형태로 이루어지게 되고, 이때, 발생하는 비용을 품질비용이라고 정의한다. 또한 고객 지연(customer waiting)은 최초의 납기 일로 부터 납기를 지키지 못하게 되어 고객이 제품의 납기를 기다리는 시간으로 정의하고 시간이 길어질수록 고객 지연비용도 증가하는 것으로 본다.

3. 변수정의 및 비용 요소

3.1 변수 정의

품질비용과 고객지연 비용을 고려한 경제적 발주 모델을 수립하기 위하여 필요한 변수를 다음과 같이 정의한다.



[그림1]재고부족을 고려한 발주량 모델

Q: 주문량

k: 주문비

c: 구매비

s: 재고보충수준

d: 단위시간당 수요

h: 재고유지비

$\frac{(Q-s)}{d}$: 지연 시간

w: 고객 지연 비용

모든 변수는 양의 값을 갖는다.

3.2 비용 요소

재고를 주문하는 데는 다음과 같은 비용이 소요된다.

(1) 주문비: 재고를 주문하는데 드는 비용, 주문비용과 구매비용으로 구성되어 있다.

$$\text{order cost} = k + cQ \dots \textcircled{1}$$

(2) 재고 유지비: 재고를 유지하는데 드는 비용

$$\text{carrying cost} = \frac{s}{2} \times \frac{s}{d} \times h = \frac{hs^2}{2d} \dots \textcircled{2}$$

(3) 품절비: 품절이 발생했을 때 드는 비용

$$\text{shortage cost} = \frac{Q-s}{2} \times \frac{Q-s}{d} \times \pi = \frac{\pi(Q-s)^2}{2d} \dots \textcircled{3}$$

(4) 고객 지연비: 고객이 제 날짜에 제품을 받지 못 했을 경우 발생하는 비용으로 시간과 제품의 수에 비례하여 증가한다.

$$\text{waiting cost} = w \times \frac{(Q-s)}{d} \times (Q-s) \dots \textcircled{4}$$

4. 모형 설계

단위시간당 총비용 TC는 비용 ①,②,③,④를 cycle time 당 수요로 나눔으로써 나타낼 수 있다.

Total Cost = order cost + carrying cost + shortage cost + waiting cost

$$\begin{aligned} TC/\text{unit}/\text{cycle} &= \left(k + cQ + \frac{hs^2}{2d} + \frac{\pi(Q-s)^2}{2d} + \frac{w(Q-s)}{d} \right) / \frac{Q}{d} \\ &= \frac{dk}{Q} + cd + \frac{hs^2}{2Q} + \frac{\pi(Q-s)^2}{2Q} + \frac{w(Q-s)}{Q} \textcircled{5} \end{aligned}$$

최적의 발주량 Q^* 를 구하기 위하여 미분법을 이용한다. 먼저 단위 기간당 최적의 재고 보충 수준 s^* 를 구하기 위하여 단위당 총비용을 s 에 대하여 편미분하고, 그 값을 0으로 하여 s 에 관하여 정리한다.

$$TC/unit/cycle = \frac{dk}{Q} + cd + \frac{h}{2Q}s^2 + \frac{\pi Q}{2} - \pi s + \frac{\pi}{2Q}s^2 + wQ - 2ws + \frac{w}{Q}s^2$$

$$\frac{\partial TC}{\partial s} = \frac{hs}{Q} - \pi + \frac{\pi s}{Q} - 2w + \frac{2ws}{Q} = 0$$

$$(h + \pi + 2w)s = \pi Q + 2wQ$$

$$\therefore s^* = \frac{Q(\pi + 2w)}{h + \pi + 2w} \quad \text{⑦}$$

최적의 주문량 Q^* 을 구하기 위하여 단위당 총 비용 Q 에 대하여 편미분하고, 그 값을 0으로 하여 Q 에 관하여 정리한다.

$$TC/unit/cycle = \frac{dk}{Q} + cd + \frac{h s^2}{2Q} + \frac{\pi}{2}Q - \pi s + \frac{\pi s^2}{2Q} + wQ - 2ws + \frac{ws^2}{Q}$$

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = -\frac{dk}{Q^2} - \frac{h s^2}{2Q^2} + \frac{\pi}{2} - \frac{\pi s^2}{2Q^2} + w - \frac{s^2}{2Q^2} = 0$$

식⑧을 정리하면 식⑨와 같다.

$$-2dk - h s^2 + \pi Q^2 - \pi s^2 + 2w Q^2 - 2w s^2 = 0$$

식⑨에 식⑦을 대입하여 정리하면 식⑩과 같다.

$$(\pi + 2w) Q^2 - 2dk - (h + \pi + 2w) \left(\frac{\pi Q + 2wQ}{h + \pi + 2w} \right)^2 = 0$$

$$h(\pi + 2w) Q^2 = 2dk(h + \pi + 2w)$$

$$\therefore Q = \sqrt{\frac{2dk(h + \pi + 2w)}{h(\pi + 2w)}} \quad \text{⑩}$$

$$= \sqrt{\frac{2dk}{h}} \sqrt{\frac{h + \pi + 2w}{\pi + 2w}}$$

5. 기대 효과 및 제언

위와 같은 과정을 통하여 우리는 경제적 발주량 계산의 또 다른 방법을 볼 수 있었다. 이때, 이에 대한 비용의 차이를 민감도 분석을 통하여 살펴보면 다음과 같다.

$$T(Q^*) = \sqrt{2dhk} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{h + \pi}{\pi + 2w} + \frac{\pi + 2w}{h + \pi + 2w} + \frac{2wh}{(\pi + 2w)(h + \pi + 2w)}} \quad \text{⑪}$$

비록 본래의 EOQ 모델을 고려한 경우 보다 비용이 더 들지만 고객을 잃거나 또는 손실된 고객들로 인하여 발생하는 잠재고객의 손실을 고려한 비용보다는 더 적은 비용이라고 할 수 있다. 또한 본래의 경제적 발주 모델의 식에 비하면 계산이 상당히 복잡해 졌지만, 고객의 시간 비용을 고려한다는 점에서 고려해 볼 만한 가치가 있는 문제라 할 수 있다. 앞으로 고객의 비용 및 반응성을 고려하여 경제적 발주 모델이 더욱 확장되어야 할 것이다.