

## 지불 연기가 허용된 상황에서의 (S, s)재고 정책

서창현\*, 송일윤\*, 김경섭\*\*

### (S, s) Inventory Policy under Conditions of Permissible Delay in Payments

Seo chang hyun, Song il yoon, Kim kyung sup

#### Abstract

본 논문은 제품에 대한 비용 지불에 있어서 시간의 지연이 허용될 때 발생할 수 있는 기회비용과 그 지연에 따른 이자의 상충관계를 통해서 얻을 수 있는 이익에 관해 비용에 대해 다루었다. 여기에서 Continuous review를 고려한 (S, s)정책을 기본 가정으로 하여 주문량의 변동이 있을 수 있는 상황을 고려한다. 이러한 모델에서는 이 비용 계산의 연기 기간에 따라서 비용과 주문량의 민감한 변화를 보인다. 실제로 예를 통해 지불연기 허용에 따라서 재고 시스템 내에서 발생하는 비용의 감소와 주문량의 증가를 볼 수 있다. 또한 지불연기 기간을 허용한 경우와 그렇지 않은 경우의 비용 간 비교를 통해 구매자 입장에서 이윤을 가져올 수 있는 최소한의 지불연기 기간을 도출할 수 있다.

\* 연세대학교 산업시스템공학과 석사과정

\*\* 연세대학교 산업시스템공학과 부교수

## 1. 서 론

지금까지 대부분의 전통적인 EOQ모델에서는 소매업자가 공급자로부터 주문한 물품을 공급 받는 시점에서 바로 물품 구입비용에 대한 지불이 진다고 가정하고 재고 정책에 관한 모델을 발전시켜왔다. 하지만, 일반적인 실생활에서는 대부분 물품을 공급 받은 후 어느 정도의 시점 뒤에 지불을 할 수 있도록 허용하는 신용거래로서 물품 구입비용의 계산이 이루어지는 것이 보통의 경우이다. 이러한 물품 구입비용 계산의 지연은 그 물품을 구매하는 소매업자에게 거래를 통해 직접적으로 얻는 이익 외에 추가적인 이윤을 제공할 수 있다. 이러한 추가적인 이윤은 자본을 이용한 또 다른 투자를 통한 기회비용의 개념에 의해 얻을 수 있는 효과를 의미한다. 즉, 제품의 구입비용 지불의 연기를 통해 그 물품을 구매하는 소매업자는 그 연기 기간동안 처리되지 않아서 아직 보유하고 있는 자본을 통해 또 다른 수익을 가져올 수 있다.

Haley and Higgins[3], Kingsman[1], Davis and Gaither[10], Chapman et al.[2],는 재고 모델에서 신용 거래 신용의 영향에 대한 기본 모델을 제시하였고, Chung[5]은 신용 거래가 존재하는 상황 하에서의 최적의 재고 정책에 대한 분석을 위한 할인된 현금 흐름의 접근방법(DCF)을 제시하였다. 또한, Bregman[11]은 제품 구입비용의 계산과 구입의 실제적인 시간 사이의 관계에 대해 연구하였다. 또한, M.K. Salameh[9]는 지불에 있어 연기가 허용될 경우의 재고 정책에서 최적의 재주문점과 주문량을 실험을 통해 결정하는 연구를 진행하였다.

본 논문에서 제품의 구입시 발생할 수 있는 비용 계산 시점의 연기를 통해 얻을 수 있는 이익을 품질이 존재하는 상황 하에서 실험을 통해서 살펴보고 그에 따른 최적의 재고 최고 수준(S)과 재주문점(s)을 도출하기 위한 모델을 수립하고, 기회비용을 통한 이윤을 얻기 위한 구입비용 계산의 연기기간의 한계점을 도출한다. 여기에서 총비용으로 주문비용, 재고 유지비

용, 품질비용, 과잉재고 비용, 지불연기에 따른 지불이자, 그리고 지불연기를 통해 얻을 수 있는 기회비용을 고려하였다.

## 2. 문제의 정의

### 2.1 사용기호

- d : 연간 수요
- h : 연간 단위 제품당 재고 유지비용
- A : 주문 비용
- p : 단위 제품당 구입 비용
- $\pi_{r0}$  : 품질 비용
- $\pi_{r1}$  : 판매 손실 비용
- $\pi_s$  : 과잉재고 비용
- $\beta$  : 백오더 비율
- S : 주기내 최고 재고 수준
- s : 재주문점
- $I_c$  : 지불연기에 따른 부과되는 이자율
- $I_d$  : 지불연기를 통해 얻을 수 있는 기회비용의 비율
- t : 지불연기 기간
- L : 리드타임( $\sim N(\mu, \sigma)$ )
- L(r) : 주기당 품질량

$$L(r) = \int_{r/d}^{\infty} (dx - r)f(x) dx$$

$$= d\left\{\sigma\phi\left(\frac{r/d - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - r/d)pr[x \geq r/d]\right\}$$

S(r) : 과잉 재고량

$$S(r) = \int_0^{r/d} (r - dx)f(x) dx$$

$$= d\left\{\sigma\phi\left(\frac{r/d - \mu}{\sigma}\right) + (r/d - \mu)pr[x < r/d]\right\}$$

### 2.2 기본 가정

- (1) 수요는 시간에 따라 일정하다.
- (2)  $I_c$  는  $I_d$  보다 항상 크거나 같다.
- (3) 지불이 이루어지지 않은 시간 내에서 발생하는 판매 수익은 기회비용을 가져오며, 지불이 일어난 후에 재고에 남아있는 제품에 대해 이자가 발생한다.
- (4) 리드타임은 평균이  $\mu$ 이고, 표준편차가  $\sigma$ 인 정규분포를 따른다.

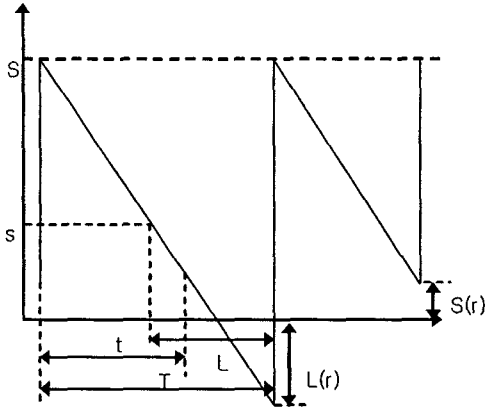


그림 1. 지불연기 시간과 재고 수준

### 3. 수학적 모델링

#### 3.1 주문 비용( $C_A$ )

주문 비용은 각 주문을 발주할 경우에 발생하는 고정 비용이다. 여기에서 지불연기 기간을 증가시키수록 주문량이 증가하는 현상을 보이기 때문에 주문 횟수 감소를 통한 비용 절감을 가져올 수 있다. 여기에서 한 주기는 확률적으로 존재하는 리드타임에 따라 주기 마지막 시점에서의 재고 수준이 달라지기 때문에  $T = \frac{d}{S+L(r)-S(r)}$  이라 표현할 수 있다.

$$C_A = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} A \dots\dots\dots(1)$$

#### 3.2 재고 유지비용( $C_H$ )

재고 유지비용은 단위 제품당 재고를 보유함으로써 발생하는 비용으로 과잉재고량을 포함하여 계산하며 지불연기 기간의 길이에 직접적인 영향을 받지 않는다.

$$C_H = \frac{S+S(r)}{2} h \dots\dots\dots(2)$$

#### 3.3 품질 비용( $C_L$ )

품질 비용은 수요발생시 제품의 재고를 보유하고 있지 않은 경우에 발생하는 비용으로 품질 발생 비용( $\pi_m$ )과 판매 손실 비용( $\pi_r$ )으로 나뉘어 진다. 품질 발생비용은 부재고가 발생하는 사건에 대한 고정 비용을 말하며, 판매 손실 비용은 부재고 발생시 일어날 수 있는 백오더를 제외한 부분으로 품질을 통해 제품의 판매 기회를 완전히 상실한 부분에 대한 손

실을 의미한다.

$$C_L = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} \times \{L(r)\pi_m + L(r)(1-\beta)\pi_r\} \dots\dots(3)$$

#### 3.4 과잉재고 비용( $C_S$ )

과잉재고 비용은 주기 마지막 시점에서 제품의 재고가 남을 경우 발생하는 손실을 나타낸다. 제품의 불필요한 재고는 재고유지 비용을 증가시킬 뿐만 아니라 그에 따른 추가적 손실을 가져올 수 있음을 의미한다.

$$C_S = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} S(r)\pi, \dots\dots(4)$$

#### 3.5 지불연기에 따른 지불이자( $C_C$ )

지불연기에 따른 지불이자는 지불연기 기간( $t$ )의 마지막 시점에 남아 있을 재고량에 대하여 제품 구입비용에 이자를 추가하여 비용을 계산하는 것을 말한다. 따라서 이 비용은 지불연기 기간( $t$ )이 그 주기보다 작을 경우( $t < T$ )에만 발생하는 비용이다.

$$C_C = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} \times \frac{dp \left\{ \frac{S+L(r)-S(r)}{d} - t \right\}^2 I_c}{2} \dots\dots(5)$$

#### 3.6 지불연기를 통해 얻을 수 있는 기회비용( $C_O$ )

지불연기를 통해 얻을 수 있는 기회비용은 제품의 구입비용 계산 시점을 연기하여 그 비용을 통해 얻게 되는 이익을 말한다. 기회비용은 다음에서 보는 바와 같이 지불연기 기간( $t$ )이 그 주기( $T$ )보다 클 경우와 작거나 같은 경우로 나누어 생각할 수 있다.

(1)지불연기 기간( $t$ )이 주기 길이( $T$ )보다 작거나 같을 경우( $t \leq T$ )

$$C_O = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} \frac{dpt^2 I_d}{2} \dots\dots(6)$$

(2)지불연기 기간( $t$ )이 주기 길이( $T$ )보다 클 경우( $t > T$ )

$$C_O = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} \times \left\{ \frac{dp \left\{ \frac{S+L(r)-S(r)}{d} \right\}^2}{2} \right.$$

$$+ dp \frac{S+L(r)-S(r)}{d} (t-T) \} I_d \dots\dots(7)$$

3.7 전체 비용함수

전체 비용함수는 앞에서 제시된 각 비용함수의 총합으로 표현되며 위에서 설명된 바와 같이 지불연기 기간 t의 길이에 따라 두 가지 형태로 표현될 것이다. 전체 비용함수를 수학적으로 표현하면 다음과 같다.

(1)지불연기 기간(t)이 주기 길이(T)보다 작거나 같을 경우( $t \leq T$ )

$$TC_1 = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} A + \frac{S+S(r)}{2} h + \frac{d}{S+L(r)-S(r)} \times \{L(r)\pi_{r0} + L(r)(1-\beta)\pi_{r1}\} + \frac{1}{2} dp \{ \frac{S+L(r)-S(r)}{d} - 2t + \frac{d}{S+L(r)-S(r)} t^2 \} I_c - \frac{d}{S+L(r)-S(r)} \frac{dpt^2 I_d}{2} \dots\dots(8)$$

(2)지불연기 기간(t)이 주기 길이(T)보다 클 경우( $t > T$ )

$$TC_2 = \frac{d}{S+L(r)-S(r)} A + \frac{S+S(r)}{2} h + \frac{d}{S+L(r)-S(r)} \times \{L(r)\pi_{r0} + L(r)(1-\beta)\pi_{r1}\} - dp \{ \frac{S+L(r)-S(r)}{2d} + (t-T) \} I_d \dots\dots\dots(9)$$

4. 수치 실험

- 연간 수요  $d =$  연간 36,000 단위
- 제품 구입비용  $p =$  단위 제품당 80\$
- 품질 비용  $\pi_{r0} =$  품질 발생시 50\$
- 판매 손실 비용  $\pi_{r1} =$  단위 제품당 10\$
- 과잉 재고비용  $\pi_s =$  단위 제품당 70\$
- 지불연기에 따른 지불이자  
 $I_c =$  연간 0.3%비율  
 지불연기를 통해 얻을 수 있는 기회비용  
 $I_d = 0.15\%$  비율  
 백오더 비율  $\beta=0.3$

본 논문에서의 실험에서 제품 구입비용에 대한 지불의 연기시간 t는 단위 시간으로 주어지지 않고, 전체 주기인 T에 대한 비율로 증가시킴으로써 전체비용 및 재고 수준의 변화를 알아보았으며, 재고 유지비용과 주문비용의 변화를 통한 2가지 실험을 통한 비교를 하였다.

(1) 실험 1

- 재고 유지비용  
 $h =$  단위 제품 및 단위 시간당 20\$
- 주문 비용  
 $A =$  주문당 20\$

| 지불연기 비율 | 주기 최고 재고수준 | 재주문점   | 총비용       |
|---------|------------|--------|-----------|
| 0.1     | 3052.58    | 823.12 | 250631.77 |
| 0.2     | 3328.66    | 823.08 | 229265.04 |
| 0.3     | 3659.05    | 823.04 | 208081.54 |
| 0.4     | 4060.13    | 822.98 | 187142.99 |
| 0.5     | 4554.67    | 822.92 | 166544.84 |
| 0.6     | 5174.18    | 822.84 | 146432.78 |
| 0.7     | 5961.03    | 822.73 | 127042.70 |
| 0.8     | 6965.49    | 822.60 | 108770.84 |
| 0.9     | 8221.28    | 822.44 | 92303.04  |
| 1       | 9653.75    | 822.25 | 78817.54  |
| 1.1     | 11514.75   | 822.02 | 66361.99  |
| 1.2     | 15194.45   | 821.56 | 50789.82  |
| 1.3     | 30287.92   | 819.81 | 26667.22  |

표 1. 지불연기 기간에 따른 결과치

이 결과에 따르면 지불연기 기간이 증가함에 따라 주문량은 증가하는 모습을 보이며 총비용의 경우 기회비용을 통해 감소하는 모습을 보여준다. 이 때, 지불연기를 고려하지 않았을 경우의 전체 비용은 같은 조건에서 123127.06 dollars로 같으며 이 값을 통해 지불 연기기간을 통해 이윤을 남길 수 있는 한계시점을 구할 수 있다.

이 값은 표.1에서 지불 연기기간 시점이 0.7~0.8사이에 존재함을 추측할 수 있으며, 실험을 통해 이 시점을 구하면 다음과 같은 값을 구할 수 있다.

이 값을 기준으로 지불연기 기간을 기준으로 지불연기 기간을 통한 기회비용을 통해 이윤을 볼 수 있을지를 판단할 수 있다.

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 한계 지불 연기 기간     | 전체 주기의<br>약 0.7208  |
| 최고 재고수준<br>재주문점 | 6150.629<br>822.708 |

표 2. 지불연기 기간의 이윤 한계점

(2) 실험 2

재고 유지비용

$h$  = 단위 제품 및 단위 시간당 10\$

주문 비용

$A$  = 주문당 50\$

| 지불연기<br>비율 | 주기 최고<br>재고수준 | 재주문점   | 총비용      |
|------------|---------------|--------|----------|
| 0.1        | 3247.34       | 823.31 | 234581.1 |
| 0.2        | 3587.85       | 823.28 | 211649.5 |
| 0.3        | 4015.06       | 823.25 | 188556.1 |
| 0.4        | 4568.68       | 823.21 | 165232.7 |
| 0.5        | 5318.67       | 823.16 | 141564.4 |
| 0.6        | 6403.09       | 823.08 | 117340.6 |
| 0.7        | 8146.93       | 822.97 | 92117.73 |
| 0.8        | 11613.49      | 822.75 | 64714.94 |
| 0.9        | 26104.08      | 821.82 | 29340.89 |

표 3. 지불연기 기간에 따른 결과치

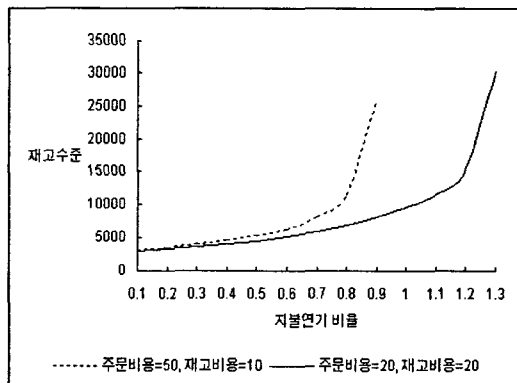


그림 2. 지불연기 기간에 따른 재고 수준

첫 번째 실험과 같은 방법으로 지불연기 기간의 한계가 되는 시점을 구하면 다음과 같다.

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| 한계 지불 연기 기간     | 전체 주기의<br>약 0.7208 |
| 최고 재고수준<br>재주문점 | 8660.008<br>822.94 |

표 4. 지불연기 기간의 이윤 한계점

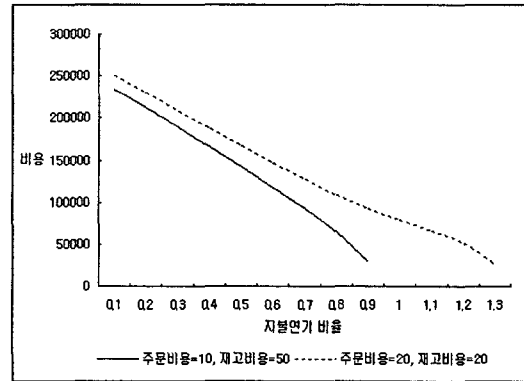


그림 3. 지불연기 기간에 따른 비용

위 실험에서는 실험 2가 실험 1에 비해 주문비용이 상대적으로 주문비용이 높을 경우에 대해 알아보았다. 위 결과에서 알 수 있듯이 주문비용이 높을 경우인 실험 2의 경우 실험 1보다 지불연기 기간이 증가할수록 주기 당 재고 수준의 증가량이 큰 폭으로 증가함을 알 수 있다. 즉, 이러한 기회비용을 통한 이윤은 그 재고 유지비용이 상대적으로 낮은 분야일수록 보다 큰 효과를 가져올 수 있음을 알 수 있다. 이러한 효과는 지불연기 기간의 증가가 주문량의 증가를 가져오며 이 때 재고 유지비용이 낮은 경우일수록 그 주문량 증가에 대한 효과를 크게 볼 수 있는데 기인한다.

5. 결론

이 논문에서는 지불연기 기간을 통해서 발생할 수 있는 기회비용과 지불이자의 상충관계를 분석하였다. 지불연기 기간의 증가를 통해 재고 수준을 증가시키고 지불연기 기간을 고려하지 않았을 경우보다 전체비용을 감소시킬 수 있다는 것을 실험을 통해 확인하였다. 또한, 지불연기 기간을 고려하지 않았을 경우의 비용과 비교 분석으로 기회비용을 통해 이윤을 가져올 수 있는 지불연기 기간의 한계점을 밝혔다.

6. 참고 문헌

[1] B. G. Kingsman, "The effect of payment rules on ordering and stockholding in purchasing", Journal of Manufacturing System, Vol.34, pp. 1085-1098, 1983.  
 [2] C. B. Chapman, "Credit policy and Inventory

- Control", The Journal of the Operational Research Society, Vol.35, pp. 1055-1065, 1984.
- [3] C. K. Haley and R. C. Higgins, "Inventory policy and trade credit financing", Management Science, Vol.20, pp. 464-471, 1973.
- [4] H. C. Daellenbach, "Inventory control and trade credit", Journal of Operational Research Society, Vol.37, pp. 525-528, 1986.
- [5] K. H. Chung, "Inventory control and trade credit revisited", Journal of Operational Research Society, Vol.40, pp. 495-498, 1989.
- [6] K. J. Chung, "A theorem on the determination of economic order quantity under conditions of permissible delay in payments", Computer Ops Res, Vol.25, pp. 49-52, 1996.
- [7] Liang-Yuh Ouyang, "Mixture inventory model with backorders and lost sales for variable lead time", The Journal of Operational Research Society, Vol.47, pp. 829-832, 1996.
- [8] M. Ben-Daya, "Inventory models involving lead time as a decision variable", The Journal of Operational Research Society, Vol.45, pp. 579-582, 1994
- [9] M. K. Salameh, "Continuous review inventory model with delay in payments", Int. J. Production Economics, Vol. 85, pp. 91-95 2003.
- [10] R. A. Davis and N. Gaither, "Optimal ordering policies under conditions of extended payment privileges", Management Science, Vol.31, pp. 499-509, 1985.
- [11] R. L. Bregman, "The effect of extended payment terms on purchasing decisions", Computer in Industry, Vol.22, pp. 311-318, 1993.
- [12] S. K. Goyal, "Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments", The Journal of the Operational Research Society, Vol. 36, pp.335-338, 1985.
- [13] S. C. Ward, "Inventory control and trade credit-a Reply to Daellenbach", The Journal of Operational Research Society, Vol.38, pp. 1081-1084, 1987.