

## 가격할인하의 복수공급자 주문정책

-A multi-supplier ordering policy under the condition of discount price-

이 내 형\*

Lee, Nae Hyung

조 남 호\*\*

Cho, Nam Ho

### Abstract

In this paper, we consider an inventory system with multi-suppliers. A supply agreement is made with one of the suppliers, to deliver a fixed quantity  $Q$  every review period ; That is, adapting to discounts of under the condition of free addition often implies that the timing and sizes of future replenishment orders are less predetermined. The replenishment decisions for the other supplier are governed by a replenishment policy. This paper, multiple suppliers strategy is a combination of a push system(the main supplier delivers every review period a predetermined quantity  $Q$ ) and a pull system(the replenishment orders placed at other suppliers are governed by replenishment policy. The costs are defined as the sum of the ordering, holding, purchasing and opportunity costs. Based on numerical results, conclusions follow about the division of the replenishment volume among the inventory policy.

### 1. 서 론

재고 정책을 수립할 때 무엇보다 우선 고려할 사항은 자재조달을 위한 공급자 선정 문제이다. 주로 공급자 선정은 자재 구매 가격에 의하여 이루어진다. 구매 자재에 대한 가격할인은 다각적인 측면에서 연구가 수행되어 왔다. Abad[1,2]은 단위구매비용의 할인만을 고려한 가격할인 EOQ 모형을 연구하였으며, Chung[4], Ghare[5]은 규모의 경제를 통한 운영비용 최소화, Hwang & Shinn[6], Shinn & Song[7]은 공급자가 고객의 구매량에 따라 고정된 덩을 추가로 제공한다는 가정하에 최적 주문정책에 관한 재고모형을 개발하였다. 그러나 자재 구매가격은 가격 할인이 이루어지는 경우가 있는 반면, 가격할인이 전혀 없는 경우가 있다. 비교적 장기적이고 확정적인 구매가 이루어

\* 서일 대학 공업경영과 \*\* 건국대학교 산업공학과

질 경우 구매자재에 대한 할인 대상이 되며, 반대로 단기적이고 불확실한 구매가 이루어지는 경우는 구매자재에 대한 할인대상이 되지 않는다. 자재구매와 관련된 비용 최소화는 가격할인을 적용 받는 경우의 자재를 구매를 통해서 달성할 수 있으나 현실적으로 주문의 유연성을 저해하는 요인으로 잉여자재에 대한 제반비용을 증가시키게 되므로 신중한 평가와 수행이 요구된다.

이러한 문제들은 복수의 공급자 선정 정책을 통하여 해결할 수 있다. 공급자는 주 공급자와 보조 공급자로 구분하며, 주 공급자의 경우는 비교적 장기적이고 안정적인 수요, 안정적인 리드타임, 규모의 경제를 고려한 자재의 양을 구매할 경우 할인 또는 덤 제공을 적용하여 할인된 가격에 자재를 조달한다. 보조 공급자의 경우는 빈번히 발생하는 특정재고수준 이하 점에 도달할 경우 재 보충하는 형태로 가격할인이 적용되지 않는 경우이다. 즉, 복수 공급자 선정 전략은 주 공급자로부터 재심기간에 확정적인 양을 주문하는 push system 과 보조 공급자로부터 유연성 있게 수시로 자재를 재보충 받는 pull system이 결합된 형태이다.

본 연구에서 제시하고자하는 안정적인 구매에 대한 할인과 재보충의 유연성을 통한 자재구매는 구매비용을 최소화 한다는 점에서 Abad[1,2], Bernhard[3], Chung[4], Ghare[5], Hwang & Shinn[6], Shinn & Song[7]등의 연구와 목적을 같이 하지만, 공급자 선정 전략으로 복수의 공급자선정을 통해 할인가격의 자재 구매와 주문의 유연성을 고려함은 보다 현실적인 방안이다.

## 2. 문제의 분석 및 가정

본 연구에서 고려하는 복수 공급자모델은 기존의 공급자 선정 및 구매비용 최소화 연구중에서 가장 진전된 연구로서 받아들이고 있는 Abad[1,2], Hwang & Shinn[6], Shinn & Song[7] 에서 고려되었던 비교적 안정적수요 상황하에서 가격할인 및 Bernhard[3], Chung[4]의 규모의 경제에 의한 구매정책 과 관련된 가정들에 기초하여 재고부족 발생이 예상되거나 자재 재 보충을 위한 구매 및 재고운영을 복수 공급자정책으로 확장한다.

본 연구에서 사용되는 가정은 다음과 같다.

- 1) 품목은 단일 품목을 고려한다.
- 2) 덤의 비율은 지수분포형태로 가정하여 선형으로 증가되어 덤의 포인트가 증가함에 따라 구매량보다 많은 양의 덤을 받게되는 비현실적인 상황을 제어함으로써 보다 현실적인 문제를 해결한다.
- 3) 공급원은 안정적인 수요에서 덤의 형태로 가격할인을 적용하는 주 공급자와 필요시 유연성 있게 재보충을 담당하는 보조 공급자로 구성한다.

### 3. 수식모형 및 해법

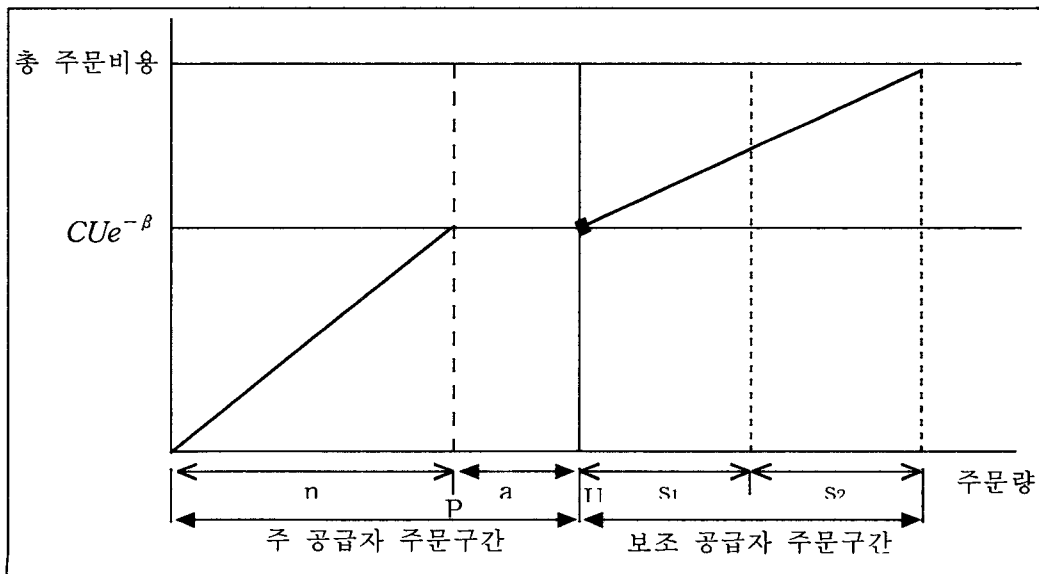
#### 3.1 기호의 정의

본 연구에서 비용함수는 연간 주문비, 연간 재고유지비, 연간 기회비용, 연간 구매비용을 포함한다. 이 문제의 가정들은 기본적으로 전통적 EOQ 모델의 가정과 동일하며, 본 연구에 사용되는 기호들의 정의는 다음과 같다.

- $D$  : 연간 수요량(개)
- $H$  : 단위당 재고유지비용(원/개)
- $C$  : 단위당 구매비용(원/개)
- $Q$  : 주문량(개/회)
- $A$  : 1회 주문비용(원/회)
- $R$  : 기회비용 비율(capital opportunity cost rate)
- $\beta$  : 덤의 증가 비율 모수
- $K$  : 덤의 누적량
- $U$  : 번들사이즈(bundle size)

#### 3.2 덤이 주어지는 가격할인

다음 [그림 1]은 공급자 및 주문량과 주문비용에 관한 그림이다.

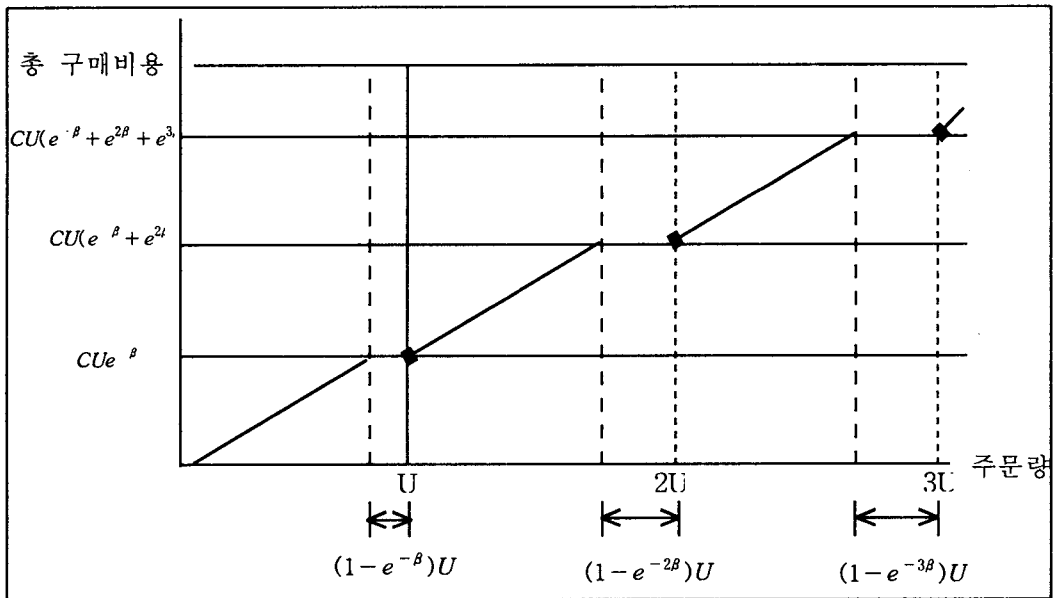


[그림1] 구매정책 개요도

주 공급자에 의하여 덤이 주어지는 가격할인이 이루어지는 분기점은 P 점이며, 순 구매량 n구간 즉 P점에 해당하는 주문이 이루어질 경우에 a 만큼의 덤이 주어진다. 일정주문량 P 만큼 주문이 발생하면 공급자는 순 구매량 외에 덤의 양 즉, a구간만큼의 덤을 제공한다. 덤의 양(b)는  $b(1-e^{-\beta})U$ 의 지수형태로 나타낼 수 있으며, 순구매량 n은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} n &= U - \text{덤의양} \\ &= U - (1-e^{-\beta})U \\ &= Ue^{-\beta} \end{aligned}$$

따라서 덤의 형태로 가격할인이 이루어지는 주문에서 P 분기점에 도달하는 n구간만큼 주문이 이루어지면 제공받는 공급량은 U점이 되며, 구매가격은 덤의 양  $(1-e^{-\beta})U$ 을 제외한 가격인  $CUe^{-\beta}$ 가 된다



[그림2] 주문량과 구매비용 과의 관계

[그림2]에서  $Ue^{-\beta}$ 만큼 주문시 제품 구매가격은  $Ue^{-\beta}$ 의 양에 대해서만 적용되고, 제품은  $U$ 만큼 받게 된다(추가적인 제품 가격의 지불 없이 받는 덤의 양은  $(1-e^{-\beta})U$ 가 된다). 만약 2개의 번들량 만큼 주문시에는, 첫번째 번들량 주문시 받은 덤의 양보다 더 많은  $(1-e^{-2\beta})U$ 만큼 덤을 받게 된다. 그러므로 총 덤의 개수는  $\sum_{k=1}^2 (1-e^{-k\beta})$ 가 된다.

덤의 증가비율이 음의 지수분포  $(1-e^{-\beta})$ 에 따르기 때문에 누적 덤의 양을 변화

시켜준다. 만약 선형으로 가정할 경우, 많은 수의 번들을 주문하게 된다면 아무런 비용을 지불하지 않고 덤만으로도 제품을 구입하게 된다. 그러므로 현실적인 제약을 표현하기 위해 지수분포 특성을 이용하여 덤으로 제공되는 양의 증가폭을 어느 일정 한도 이상의 양을 넘을 수 없게 제한하기 위함이다.

### 3.3 수식모형 알고리즘

이 모델의 목적은 연간 총비용  $TC(Q)$ 를 최소화하는 것이다. 연간 총비용은 기본적인 다음의 4가지로 구성된다.

- (1) 연간 주문비용 =  $A \frac{D}{Q}$ .
- (2) 연간 재고유지비용 =  $\frac{1}{2}HQ$ .
- (3) 연간 구매비용( $T_{pur}$ ) =  $C(Q - K) \frac{D}{Q}$ .
- (4) 연간 기회비용( $T_{opp}$ ) =  $\frac{1}{2}RC(Q - K)$ .

연간 기회비용이란 연간 구매에 사용되는 자금을 다른 용도로 투자할 수 있는 비용이다. 즉, 제품을 구매할 때 포기해야 하는 차선 행위의 금액가치를 기회비용이라고 한다.

연간 주문 회수는 주문량에 따라 변한다. 만약 번들 사이즈 만큼 주문시에 덤으로 물건을 더 받게 되어도 이는 구입가격에서의 할인을 받는 것이므로 총 구매량은 여전히  $U$ 이다. 그러므로 연간 주문비용에서의  $Q$ 는 총 구매량이 적용된다. 같은 이유로 연간 재고유지비용에서의  $Q$ 도 구입한 양은 주문량  $U$ 이므로 상수의 형태로 적용된다.

총 구매비용의 경우에는 제품을  $U$ 만큼 받기 위해 구매 발주를 한다면, 실제 구매 가격은  $U$ 의 양에서 덤으로 얻는 양을 제외한 양만을 고려한다. 즉, 순 구매량에 대한 비용이다.

한 개의 번들 사이즈 만큼 구매하기 위해 주문하면 덤으로 얻게되는 양은  $(1 - e^{-\beta})U$ 이다. 두 개의 번들 사이즈 만큼 구입시에는 첫 번째 번들 사이즈 보다 많은 양을 받게된다. 두 번째 번들 사이즈만큼 주문시의 덤의 양은  $(1 - e^{-2\beta})U$  이므로, 총 덤의 양은 첫 번째 번들에서의 덤의 양  $(1 - e^{-\beta})U$ 와 두 번째 번들에서의 덤의 양  $(1 - e^{-2\beta})U$ 을 합한  $\sum_{j=1}^2 (1 - e^{-j\beta})$ 이 된다.

$$\text{덤의 누적량}(K) = U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}), \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \dots\dots\dots (1)$$

그러므로 구매비용은 다음 식 (3)과 같이 일반화된다.

$$\text{구매비용} = C(Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \dots\dots\dots (2)$$

따라서, 연간 구매비용은 식 (4)과 같다.

$$T_{pur} = C(Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \frac{D}{Q} \dots\dots\dots (3)$$

그리고 연간 기회비용은 식 (5)와 같다.

$$T_{opp} = \frac{1}{2}RC(Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \dots\dots\dots (4)$$

그러므로 연간 총 비용  $TC(Q)$ 는 다음 식 (6)와 같이 구간별 총 비용을 구한다.

$$\begin{aligned} TC_j(Q) &= A \frac{D}{Q} + \frac{1}{2}HQ + C(Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \frac{D}{Q} \\ &\quad + \frac{1}{2}RC(Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \\ &= A \frac{D}{Q} + CD + \frac{1}{2}Q(H+RC) - CU \frac{D}{Q} \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}) \\ &\quad - \frac{1}{2}RCU \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}) \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

단,  $Q \in [(j-1)U, (j-1)U + U e^{-j\beta}]$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ .

식 (6)의 총 비용함수를  $Q$ 에 대해 일차 미분하면 식 (7)과 같다.

$$\frac{dTC_j(Q)}{dQ} = \frac{1}{2}(H + RC) + \frac{1}{Q^2} (CDU \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}) - AD) \dots\dots (6)$$

그러므로, 주문량은 식(8)과 같다.

$$Q = \sqrt{\frac{2D(A - CU \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}))}{H + RC}} \dots\dots\dots (7)$$

### 4. 수치 예

본 연구에서 제시하고 있는 덤 형태의 가격할인이 이루어지는 상황에서 복수 공급자 선정 정책에 대한 평가를 위하여 다음과 같은 문제를 고려하기로 한다

복수 공급자정책에서 주 공급자로부터 공급받는 주문관련 비용은 연간수요량(D)은 90,000원, 1회 주문비용(A)은 10,000원, 재고유지비용(H)은 10원, 가격할인을 위한 덤( $\beta$ )은 1%, 준비비용 비율(R)은 1%, 변들 사이즈(U)는 30,000원, 제품의 가격(C)은 10원 이다. 또한 평가를 위한 재보충 비율은 연간 수요량(D)에 대하여 1%, 5%, 10%를 가정하였다. 가격할인 형태에 있어 기존의 단일공급자 정책은 단일한 가격비율을 적용하며, 복수 공급자의 경우 지수형태로 증가하는 누적덤 형태의 가격비율을 적용한다.

보충 공급자로부터 제공되는 주문량에 관계되는 비용함수식은 주 공급자에 적용되는 함수식에서 덤제공 형식의 가격할인을 고려하지 않는 연간 총비용은 다음식 (8)을 사용한다.

$$TC(Q) = A \frac{D}{Q} + \frac{1}{2}HQ + CD + \frac{1}{2}RCQ \dots\dots\dots (8)$$

다음의 표1은 식(6) 과 식 (7) 에 의하여 계산된 결과이고 [그림3]는 [표 1]을 그림

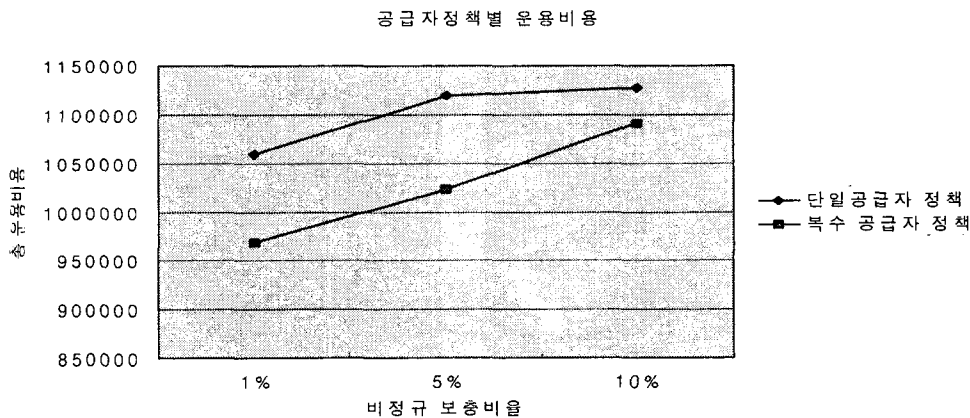
으로 나타낸 식이다.

[표 1] 비정규 보충비율에 따른 공급자 정책 운용비용 변화

공급자 정책  구매 비용	단일 공급자 정책 비정규 보충 비율			복수 공급자 정책 비정규 보충비율		
	1%	5%	10%	1%	5%	10%
	정규 구매비용	1034165.74	1034165.74	1034165.74	945353.83	945353.83
비정규 구매비용	23545	77725	145450	23545	77725	145450
총 구매비용	1059215.74	1119415.74	1127249.74	968898.83	1023078.83	1090804.83

표 1의 결과를 고찰해보면 다음과 같다.

- ① 일정한 비율에 의하여 가격할인을 받는 단일 공급자 정책보다 덤형태의 가격할인을 받는 복수 공급자 정책의 운용비용이 절감됨을 알 수가 있다.
- ② 보충비율에 따른 단일공급자 정책 적용시의 운용비용과 복수공급자 정책 적용시의 운영비용을 비교해볼 때 보충비율 1%의 경우 90,316.91원, 보충비율 5%의 경우 92,166원, 보충비율 10%의 경우 36444.91원이 비용이 본 연구 복수공급자 정책 적용시 절감됨을 알 수 있다.



[그림3] 단일 공급자 정책과 복수 공급자 정책의 운용비용 그래프

## 5. 결 론

본 연구에서 제시한 복수공급자 정책은 일률적으로 적용되어 오던 할인을 정책보다 구매 번들 사이즈에 따라 덤 형태의 가격할인을 적용함으로써 보다 현실성이 있다. 일정량의 번들 사이즈 내에 위치하는 자재주문에 대하여는 일정한 덤 형태의 가격할인된 주문을 하고 이와 반대로 급격한 수요발생 등의 재고부족이 발생하거나 자재소요량 중 가격할인 대상밖의 자재처리를 위한 주 공급자 및 보조 공급자 운용을 통하여 공급자로부터 가격할인과 자재 주문의 유연성을 해결할 수 있는 효과가 기대된다. 전체 판매량에 대한 일정한 가격할인의 경우 가격할인율이 선형으로 증가되는 모순을 안고 있지만, 덤 형태의 가격할인의 경우 덤의 배율을 지수분포형태로 가정하여 선형으로 증가되어 덤의 포인트가 증가함에 따라 구매량보다 많은 양의 덤을 받게 되는 비현실적인 상황을 제어했다. 본연구 결과를 바탕으로 복수공급자 정책 수행시 단일공급자 사정에 의한 자재조달상의 지체등을 보조공급자를 활용함으로써 자재의 비정규 보충시 단일공급자 사정 등에 의한 문제를 해결할 수 있다. 또한 단일공급자 정책에 의한 가격할인 보다 복수공급자 정책 운용을 통한 자재조달관련 운용비용을 최소화 시켜 대외 경쟁력 제고의 효과가 기대된다.



## 참 고 문 헌

- [1] Abad, P. L., "Determining optimal selling price and lot size when the supplier offers all-unit quantity discounts", Decision Sciences, Vol. 19, pp. 622-634, 1988a
- [2] Abad, P. L., "Joint price and lot-size determination when supplier offers incremental quantity discounts" , Journal of Operational Research Society, Vol. 39 No. 6, pp. 603-607, 1988b
- [3] Bernhard Fleischmann, "Designing distribution systems with transport economies of scale", European Journal of Operational Research, Vol. 70, pp.31-42, 1993
- [4] Chung, K. J., "A theorem on the determination of economic order quantity under conditions of permissible delay in payments", Computers and Operations Research, Vol. 25, No. 1, pp. 49-52, 1998
- [5] Ghare, P. M., "A model for an exponential decaying inventory", Journal of Industrial Engineering, Vol. 14, pp. 238-243, 1963
- [6] Hwang H. and Shinn S. W., "Retailer's pricing and lot sizing policy for exponentially deteriorating products under the condition of permissible delay in payments", Computers and Operations Research, Vol. 24, No. 6, pp.539-574, 1997
- [7] Shinn, S. W and Song, C. Y., "An optimal ordering policy under the condition of a free addition", Journal of Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 26, No. 1, pp. 48-53, 2000

## 저 자 소 개

**이내형** : 동국대학교 연료공학과를 졸업하고, 연세대학교 대학원 공업경영과에서 석사를 건국대학교 산업공학과에서 박사를 수료했으며, 현재 서일대학 공업경영과 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 생산관리, 안전관리, 인간공학, 작업관리 등이다.

**조남호** : 현재 건국대학교 교수로 재직중이며, 한양대학교에서 석사, 박사 학위를 마쳤다. 품질관리학회장, 한국품질관리기사회장, 건국대학교 공과대 학장 역임하였다. 주요관심 분야는 품질경영, 신뢰성공학, 실험계획법 등이다.