▩ 연구논문

JIT 자재 조달을 위한 인센티브제도 적용에 관한 연구

- The Study on Applying Incentive System for Just in Time Delivery -

정 종 식*
Cheong, Jong Shik

Abstract

This paper considers how to structure the incentive system between a buy and a single supplier of raw materials when early shipments are forbidden. And this paper is used to take the supplier's behavior into account in the buyer's choice of incentives. Combinations of two types of incentives that the buyer might offer are considered : (1) a fixed value incentive and (2) an incentive that decreases in value as time elapses. Given a desired probability of on time delivery, optimal incentives are found by specifying indifference curves for on time delivery and assessing the expected total cost of incentive schemes along that curve. Difficulties of using incentive to achieve 100% on time delivery are considered and two example flow time distributions are presented.

1. 서 론

JIT 구매는 자재 구매자와 자재 공급자 사이의 협의하에 불필요한 낭비를 제거하도록 하는 것이다. 보통 이러한 낭비를 제거하는 절차는 구매자가 보유하고 있는 재공자재의 양과 운반로트 크기를 감소하는 것을 포함한다. 재고와 운반 로트 크기의 감소는 구매자와 공급자 상호간의 유기적 자재 취급관계, 수입검사의 제거나 감소, 그리고 상호 필요조건에 대한 보다 더 효율적인 의사소통이 요구된다.

그러나, JIT 구매는 상호필요 조건을 충족시키기에 어려운 것이라는 것이 증명되었다[1],[2],[3]. 따라서 본 연구는 자재의 부족, 판매자와 결부된 작업중단, 적시조달을 보증하기 위한 초과재고를 유지하는 공급자 등은 여기서 검토할 사항들이다.

JIT 구매가 필요조건을 충족시키기가 어려운 또 다른 이유의 하나는 시간조절이다. 구매자는 적시조달을 관리하고 있기 때문에 구매자의 적절한 경제적 운용이 매우 중요하다.

즉, JIT 구매에 있어 구매자는 사전에 충분한 재고를 보유하지 않고 계획된 일정표상에 맞추어 생산하기 위하여 생산공정에 자재를 오로지 공급자에게 의존하고 있는 실정이다. 그렇기 때문에 부족재고는 공급의 불확실을 가져오게 되고, 조달지연은 작업중단을 야기시킨다. 이러한 작업중단을 방지하기 위하여 JIT 구매의 필요조건을 충족하고 있는 구매자는 반드시 구매자와 공급자간의 조달이 가능한 한 적시에 이루어지도록 보장하는 상호관계를 형성하여야 한다.

---

* 전주공업대학 산업경영과 교수

본 논문은 적시 조달에 대한 특정확률을 달성하기 위하여 상여금(bonus ; B)과 위약금(penalty ; P)의 다양한 수준으로 조합되어 진다.

그리고 최소비용 인센티브(incentive)가 발견되어 지도록 입안한다. 더 발전적인 최적기법이 사용되어지지 않은 이유는 그것이 흐름시간의 특정확률 밀도 함수가 상세화 되어야 하는 것을 요구되기 때문이다. 이것은 단지 특정분포에 대한 유효한 위약금과 보너스 사용에 관한 어떤 결과를 낳게된다. 이 분석에서 공급자의 최소비용에 대하여 계산방법을 발견하였다.

그러나 여기서 최적허용시간을 발견하는 것은 흐름시간의 확률 밀도함수를 특정화함 없이는 불가능하다. 게다가 적시조달의 주어진 확률을 달성하기 위하여 실시되는 위약금이나 보너스는 특정화되어 질 수 있다. 이러한 정보는 확률 밀도함수를 특정화함 없이 항상 적시 조달의 동일확률을 갖는 구매자 비용의 산출하기 위하여 사용되어 진다.

2. 계약 인센티브 고찰

본 논문은 계약 인센티브를 이용하여 JIT 구매에 있어 적시조달을 달성하는 것이다. 여기서 인센티브의 2가지 형태를 검토하였다. 즉 (1)일정액 인센티브 (2)시간이 경과에 따라 감소되는 인센티브이다. 적시조달을 위한 계약 인센티브는 적시수행에 따른 보너스 제도나, 적시수행을 하지 못함에 따른 위약금제도를 둘 수 있다.

수학적으로 보너스와 위약금 사이의 차이는 별개의 것이다. 만일 계약에 명시된 가격이 조달이 늦을 경우에 위약금을 물게되는 상벌제도를 포함하면 위약금 제도는 실시하고 있는 것이다. 반대로 계약에 적시조달에 따른 상벌제도가 부과되어 있으면 보너스제도는 실시하고 있는 것이 된다.

구매자가 계약에 의해 적시조달에 대한 보너스를 공급자에게 지불한다. 공급자는 완전한 보너스 B 를 받든지 받지 않든지 하게된다. 또 위약금 제도가 사용될 때, 구매자는 조달이 늦었던 시간 단위에 대한 P 를 부가한다. 이러한 보너스나 위약금을 함께 사용함으로써 시간의 선형함수인 인센티브제가 만들어진다.

본 논문에서는 B 와 P 는 비음수로 가정한다. 공급자와 구매자는 이성적이며 재무적으로 이익이 되는 계약을 체결하는 것을 가정한다. 공급자는 기대수익이 적어도 어떤 최소한의 보장가격과 같은 계약을 체결한다. 여기서 보장가격이란 공급자가 구매자와 기꺼이 거래할 수 있는 가장 낮은 기대수익을 발한다.

만일 공급자가 받기로 기대되는 금액이 보장가격보다 적다면 공급자는 구매자에게 판매를 하지 않을 것이다. 다른 공급자보다 더 신뢰성이 있고 시간을 잘 지키는 공급자는 다른 공급자보다 더 많이 받을 것을 기대할 수 있다. 시간을 더 잘 지키는 공급자가 받는 특별수입은 적시수당 이라고 부른다. 이러한 적시수당은 주문에 대한 지연 위약금 보다 크다. 그러고 구매자는 더 관심 있는 대체 안이 있을 때 계약을 체결하지 않는다.

또한 주어진 서어비스 수준을 달성하기 위한 인센티브 기대비용이 재고유지비를 초과한다면 그러한 인센티브를 체결하지 않을 것이다. 공급자의 수입요구 즉, 보장가격을 명확히 모형화해야 한다.

인센티브를 제공하는 대신에 재고를 유지하는 구매자의 선택은 이 모형에서 제외시켰다. 여기서, 매우 전형적인 JIT 환경을 가정하였다. 즉, 칸반(kanban)주문제도를 사용하였고 주문크기는 일정하고 기지이며 사전선적을 금지한다. 구매자는 실제 생산에 앞서 생산일정과 생산요구를 하지 않는 JIT 에 따른다. 하나의 품목에 대한 장기 계약은 단일주문제작 공급자를 갖는다는 것을 뜻한다.

복수주문과 조달은 계약하에 발생된다. 장기계약은 적시조달에 대한 인센티브를 포함한다. 인센티브는 적시조달이 이루어진 후에 보상된다. 실제상황이 이러한 전형적인 가정과 부합되면 될수록 이러한 모델이 최적행동임을 더 정확하게 나타내주고 있다. 인센티브 선택에 있어 구매자는 어떻게 공급자가 반응할 것인가를 고려하여야만 한다. 공급자는 부가적인 재고를 보유하거나 또는 흐름시간의 변동을 감소시킴으로써 인센티브에 대처할 수 있다. 따라서 JIT 도구를 통한 흐름시간 변동의 감소를 선호한다. 이 경우에 있어 흐름시간 여유와 흐름시간 변동 모두 적시조달의 확률을 증가시킬 수 있도록 관리할 수 있다. Grout와 Christy은 최적여유와 변동이 일정한 흐름시간 분포에 의해 결정되는 모델을 제시했다[4].

본 논문에서는 흐름시간여유를 관리하는 것도 고려되었다. 제시된 결과는 흐름시간분포가 명시화하는 것을 요구하지 않는다. 게다가 이것은 그 결과가 가장 나쁜 경우의 시나리오이고, 인센티브에 대한 반응은 공급자가 흐름시간 변동을 감소시키는 것을 선택하는 것을 어림잡아 언급된 것이다. 변동이 감소되면, 조달이 모델이 제시한 것보다 더 적시에 이루어질 것이다.

3. 인센티브시스템 적용을 위한 수리적 모델

조달행동 모델에 사용된 비용계수는 대다수의 재고모델에 사용된 것들이다. 여기서 사용된 비용계수의 정의는 다음과 같다.

3.1 구매자 및 공급자의 비용

공급자는 2가지의 일반적인 비용을 갖게 되는데 이는 조기주문 완성비와 지연주문 완성비 이다. 조기선적이 금지된다면 조기주문 완성비는 조달기간까지 완성품 재고로 주문유지에 관계된 비용이다. 재고유지비 α 는 고정주문량에 근거한 양수값이고 단지 품목을 완성품으로 유지된 시간을 계산한 것이다.

이러한 재고유지비는 조달이 적시에 이루어졌을 때 구매자가 지급하는 보너스에 상쇄되어진다. 구매자는 조달이 예정기일에 이루어졌을 때 단지 B 의 보너스를 공급자에게 지불한다. 물론 선적이 늦게 이루어졌을 때는 보너스는 지급하지 않는다.

지연 주문 완성비는 2가지로 구성되어 있는데 이는 구매자가 징수하는 지체비와 위약금이다. 이 2개의 비용에는 양수(+)값이며 주문이 지체된 시간에 비례한 비용을 가정하였다. 시간단위당 지체비는 β 이다. 이러한 비용은 전통적인 재고 이론의 재고 고갈비와 같은 영업권 상실비와 구매자의 불편에 따른 비용의 측정은 포함하지 않았다. 오히려 지체비는 단지 원상태 회복, 재 일정 계획, 통신에 관련된 비용만을 포함한다. 영업권 상실비와 구매자 불편비는 구매자의 위약금 P 의 선택을 통해 상쇄된 것으로 가정했다. 또한 계수 β 는 일정하다고 가정했다.

단위시간당 위약금 P 는 구매자에 의해 관리되어지는 것을 가정한 의사결정 변수이다. 구매자의 비용은 계약가격 C 에 인센티브 한계비 또는 적시수당을 더한 값이다.

적시수당은 적시조달증가확률에 따라 증가하는 것을 가정하였다. 구매자에게 또 다른 비용의 하나는 조달이 늦어질 때 발생하는 재고 고갈비이다. 재고 고갈비는 적시조달의 최적확률 선택으로 관련되는데 여기서 적시조달의 최적확률 선택은 지정되어지지 아니하고 오히려 관리자가 희망확률을 선택하였다. 이 분석을 위해 사용되어진 기호는 다음과 같다.

$X_S(A)$ = 허용함수로써 공급자 기대 총 관련비용
$X_B(B,P)$ = 보너스와 위약금함수로써 구매자 기대 총 관련비용
α = 단위시간당 주문당 재고유지비
β = 단위시간당 주문당 지체비
A = 허용시간, 주문 완성에 계획된 시간
A_O = 기준허용시간, 인센티브가 제공되지 않을 때 주문 완성에 계획된 시간
F = 흐름시간, 주문에서 완성하기까지 실제 얼마나 시간이 소요 되는가의 임의변수
g(F) = 흐름시간의 확률밀도 함수
G(A) = A점에서 흐름시간 분포의 누적분포 함수
C = 계약가격,조달시간에 무관한 계약에 명시된 주문당 지불가격
R = 보장가격, 공급자가 구매자와 기꺼이 체결한 최소기대 수입

완성품의 보유시간은 다음과 같다.

$$\begin{cases} 0, & \text{if } A \le F \,; \\ A - F, & \text{if } A > F \,. \end{cases}$$

주문이 지연된 시간은 다음과 같다.

$$\begin{cases} F - A & \text{if } A < F \,; \\ 0, & \text{if } A \ge F \,. \end{cases}$$

3. 2 공급자 비용함수

허용함수로써 공급자 기대비용 $X_S(A)$는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$X_S(A) = \alpha \cdot \int_0^A (A-F) \cdot g(F)dF + (\beta + P) \cdot \int_A^\infty (F-A) \cdot g(F)dF - B \cdot \int_0^A g(F)dF \quad \cdots\cdots\cdots \ (1)$$

처음함수는 기대재고유지비이고 두 번째 함수는 기대 지체비 및 위약금이며 세 번째 함수는 기대보너스 이다.

여기서 위약금(P)은 시간차에 의해 부과되고 있음을 의미하고 보너스(B)는 시간흐름에 차등 수령되는 것이 아니고 적시조달(허용시간이내)이 이루어 졌을 때만 균등 수령됨을 의미한다.

라이브니츠 룰(Leibniz's rule)에 의해 $X_S(A)$를 A에 관하여 도함수를 발견하면 최소비용은 다음 방정식을 만족하는 허용시간을 선택함으로써 얻어질 수 있다.

$$\frac{\beta+P}{\alpha+\beta+P} + \frac{B}{\alpha+\beta+P} \cdot g(A) = G(A) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \ (2)$$

만일 계약에 인센티브를 사용하지 않는다면 위 식에서 P=0, B=0 이다
따라서 식(2)는 다음과 같다

$$\frac{\beta}{\alpha+\beta} = G(A) \qquad \cdots\cdots (3)$$

너무나 길어 허용시간을 조정하는 기대 비용은 너무나 짧아 허용시간을 조정하는 기대비용과 같아야만 한다.
JiT구매에 있어 너무나 길어 허용시간을 조정 하는 비용은 만기일까지 선적할 수 없는 주문의 재고유지비(α)이다. 너무나 짧아 허용시간을 조정 하는 비용은 주문이 적시에 조달되지 않았을 때 발생 되어지는 지체비용(β)이다.
이 경우 즉 인센티브가 사용되지 않을 경우 보다 더 적시조달을 이루기 위해 적시조달 확률과 인센티브 비용의 기준이 제시된다. 식(3)을 만족하는 허용시간은 Ao이다. 구매자가 어떤 특별한 적시조달 확률 G(A)=k 를 달성하기 원한다고 가정하자. 식(2)에서 G(A) 대신에 k 를 대입하면 관리자는 적시 조달확률 k 를 달성하기 위하여 필요한 보너스 B_k 나 위약금 P_k 둘 중에 하나를 계산할 수 있다.

$$B_k = \frac{k\alpha-(1-k)(\beta+P)}{g(A)} \qquad \cdots\cdots (4)$$

$$P_k = \frac{(\alpha+\beta)k-\beta-B\cdot g(A)}{1-k} \qquad \cdots\cdots (5)$$

3.3 100% 적시조달의 어려움

100% 적시조달이 불가능하게 하는 적어도 3가지 조건이 있다.

(1) 오른쪽 꼬리가 무한한 흐름시간 분포일 때
(2) 단위시간 기간 당 단지 인센티브를 사용할 때
(3) 흐름시간분포가 0 으로 끝날 때

첫 번째 조건은 100% 적시조달 달성이 실패한 경우는 오른쪽 꼬리가 무한한 흐름시간분포를 갖는 결과 일수 있으며 꼬리가 무한한 길이를 갖게 되기 때문에 공급자가 선택한 유한 허용시간은 100% 적시조달을 달성하지 못할 것을 의미한다.
두 번째 조건은 위약금 P 와 같은 단지 단위시간당 기간당 인센티브를 사용하는 것이다. 흐름시간분포가 유한한 꼬리를 갖고 P 가 매우 크다면 100 % 적시조달은 발생하지 않을 것이다. 위약금은 단지 P_k 즉 식(5)의 방정식이 k=1 이라고 정의되지 않는한 100%적시조달을 달성하는데 사용되어질 수 없다.
적시조달의 공급자 최적확률은 B=0 이고 α 가 양수인 어느 시간에 1보다 적다.

$$\frac{\beta+P}{\alpha+\beta+P} = G(A) \qquad \cdots\cdots (6)$$

100% 적시조달을 불가능하게 하는 세 번째 조건은 흐름시간이 유한 분포의 꼬리일 때 확률밀도 함수가 0 이 될 때 발생한다. 즉, 식(4)에서 k = 1 이면,

$$B_k = \frac{\alpha}{g(A)} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7)$$

식(7)에서 만일 확률밀도 함수 $g(A)$ 가 분포의 상한 경계가 0 이라면 B_k 는 정의되지 않는다. 예를들어 삼각형분포를 사용하여 보자. a, b, c 각각 값을 하한경계, 중위수, 상한경계라고 하면 중위수 위의 점에 대한 확률밀도 함수는

$$g(A) = \frac{2(c-A)}{(c-b)(c-a)} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8)$$

k = 1 이면

$$B_k = \frac{\alpha}{g(A)} = \frac{\alpha(c-b)(c-a)}{2(c-A)} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (9)$$

100% 적시조달은 흐름시간허용이 분포의 상한 경계값과 동일한 A = c 를 의미한다. 즉 k 가 1에 근접하게 증가하므로써 B_k 는 무한하게 증가 한다.

그러므로 100% 적시조달을 달성하기 위하여 보너스 B 와 같은 일정액 인센티브가 사용되어져야 만하고 공급자의 흐름시간분포는 유한이어야만 하며, 하나의 "계단식" 으로 끝나야 한다(k=1일 때 g(A) > 0).

3.4 구매자 비용함수

적시 조달을 위한 최적 인센티브 시스템을 결정하기 위하여 주어진 시스템을 선택하는 구매자 비용은 반드시 산출되어야만 한다. 구매자 비용함수는 B 와 P 에 관련이 있다. 구매자가 공급자에게 지급하는 보너스가 투명한 것이 구매자 비용을 증가한다.

위약금의 사용은 공급자의 이익을 감소시킨다. 만일 위약금이 받아들이는 수준이하로 이익이 감소하기에 충분히 크면 공급자는 어떤 다른 곳으로 거래를 할 것이다. 공급자는 단지 초과된 위약금을 부과하지 않는 계약을 체결한다. 만일 구매자가 가장 낮은 보장가격으로 품목을 샀다면 계약에 포함된 위약금은 위약금의 기대값을 보상하는 가격으로 반영되어져야만 한다.

이러한 로직은 다음과 같다.

$$C + B \cdot \int_0^{A_0} g(F)dF - P \cdot \int_{A_0}^{\infty} (F - A_0) \cdot g(F)dF = R. \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (10)$$

여기서 A_0 는 어떠한 인센티브도 제공되지 않을 때 허용시간이다. 이식을 다시 정리하면

$$C = R - B \cdot \int_0^{A_0} g(F)dF + P \cdot \int_{A_0}^{\infty} (F - A_0) \cdot g(F)dF. \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11)$$

구매자의 기대 관련비용 $X_B(B, P)$는

$$X_B(B, P) = C + B \cdot \int_0^{A} g(F)dF - P \cdot \int_{A}^{\infty} (F - A) \cdot g(F)dF. \qquad \cdots\cdots \quad (12)$$

위식에서 C 를 (11)식으로 대체하면

$$X_B(B,P)=R+B\cdot\int_{A_0}^{A}g(F)dF+P\left[\int_{A_0}^{\infty}(F-A_0)\cdot g(F)dF-\int_{A}^{\infty}(F-A)\cdot g(F)dF\right]. \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (13)$$

식(13)에서 두번째 식은 구매자가 공급자에게 주는 향상된 적시조달에 대한 기대 보너스 금액이다. 세번째 식은 늦은 조달에 대한 위약금 부과의 기대 한계비용이다. 이 2개의 식의 합계는 위에서 검토한 적시 프리미엄이다.

구매자는 $X_B(B,P)$ 의 값이 최소화되길 원한다. 최소값을 얻기 위하여는 구체적인 흐름시간의 확률밀도 함수 g(F)를 요구한다. 그러기 위하여 A 는 B 와 P 의 함수로써 언급할 수 있다. B 가 사용되어진 비슷한 비용함수를 사용한 일양분포와 지수분포의 예는 Grout 와 Christy가 제시했다[4]. 결과적으로 $X_B(B,P)$의 최소값은 구체적인 $g(F)$ 요구사항을 피하기 위하여 경제적인 무차별 곡선을 사용함으로써 얻어질수 있다.

적시조달 희망 확률을 k 라고 하자. 식(4) 또는 식(5)는 k 를 달성하기 위하여 요구된 보너스나 위약금을 결정하는데 이용되어질 수 있다. 식(13)에 B 를 식(4)에서 처럼 B_k 라고 하자. 그러면 $X_B(B,P)$ 는 아래와 같은 식이 된다.

$$X_B(P,k)=R+\frac{k\alpha-(1-k)(\beta+P)}{g(A)}\cdot\int_{A_0}^{A}g(F)dF+P\left[\int_{A_0}^{\infty}(F-A_0)\cdot g(F)dF-\int_{A}^{\infty}(F-A)\cdot g(F)dF\right]. \quad \cdots\cdots(14)$$

k 의 특정값에 대하여 P 가 변하면 B 가 변하므로 적시 조달확률은 k 로 유지된다. 또한 적시조달의 동일 확률을 유지하는 것은 P 가 변하므로써 허용시간 A가 일정한 값으로 남아있음을 뜻한다.

식(14)은 적시조달의 균등확률선상에 따라 구매자 기대 비용함수이다. P 에 관한 이 함수를 최소화하는 것은 최적인센티브임을 나타낸다. 이의 관계를 u =20, ℓ =10, α =10, β =20인 일양분포의 흐름시간을 적용 했을 때, 적시 조달의 균등 확률과 P의 변화에 따른 비용 변화를 그림으로 나타내면 그림1과 같다.

식(14)를 P 에 대하여 첫 번째 도함수를 계산하면

$$\frac{\delta X_B(P,k)}{\delta P}=\int_{A_0}^{\infty}(F-A_0)\cdot g(F)dF-\int_{A}^{\infty}(F-A)\cdot g(F)dF-\frac{(1-k)}{g(A)}\cdot\int_{A_0}^{A}g(F)dF. \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (15)$$

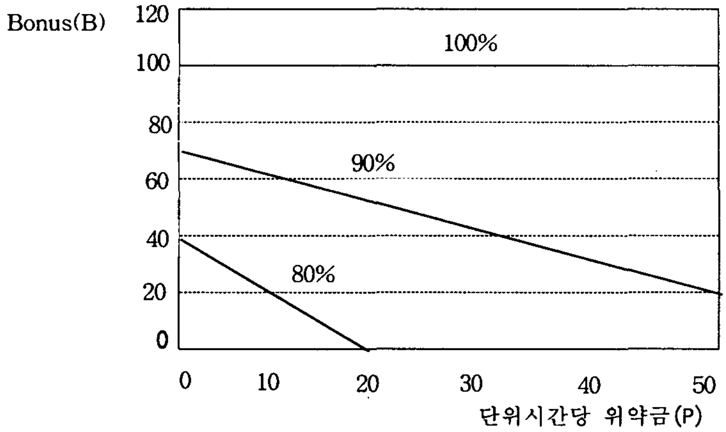

그림 1. 적시조달 균등확률과 P의 변화에 따른 비용변화

이 결과의 중요한 특징은 P 를 포함하지 않았다는 것이다. 식(13)은 P 의 선형이다. 이 의미는 적시조달의 균등확률의 선은 직선이라는 것이다.

여기서 B≥0 그리고 P=O 이거나 B=0 그리고 P≥0 일때 최적해이다. 둘 다 사용한 인센티브 즉 B>0 그리고 P>0 인 경우인 상호교호 최적조건인 경우에 단지 최적해가 된다. 이러한 경우가 발생할 때, 균등 확률선상에 인센티브 조합은 구매자에게 균등기대비용을 산출한다.

100% 적시조달이 매우 비용이 많이 들거나 불가능하면 구매자는 100% 보다 적은 확률을 선택해도 된다. 100% 미만이 확률을 선택했다면, 위약금과 보너스 선택은 명백하지 않다. 만일, 식(15)가 음수라면 기대관련 비용은 B=0 그리고 P≥0 일 때 최소이다. 즉 P 값은 반드시 사용되어져야 한다. 만일 식(15)가 양수라면 P=0, B≥0 일 때 최소가 된다. 즉 최적안은 k 를 달성하기 위하여 단지 B 를 사용하는 것이다.

어떤 인센티브를 선택할 것인가 결정하기 위한 대체계산은 다른 값이 0 인 것을 가정하여 각각 인센티브 기대비용을 계산하는 것이다. B>0 을 사용하거나 P>0 을 사용하여 결정하는 것 그리고 적시조달확률 k 를 달성하기 위하여 식(4) 또는 식(5)를 사용하여 B 나 P 의 필요값을 발견하는 것이 조달문제의 최적해가 된다.

3.5 흐름시간의 분포형태

이 사례는 단지 분포형태를 고려하여 어떤 인센티브를 사용할 것인가를 파악하였다. 특별한 경우에 대하여서는 모든 데이터는 알고 있다고 가정한다. 이 절에서 2가지 분포를 제시하였다.

인센티브를 비교하기 위한 2가지 방법을 이용할 수 있다. 첫 번째 방법은 인센티브 안의 비용을 직접적으로 비교검토하기 위하여 P=0, B≥0 그리고 P≥0, B=O인 식 (13)을 사용한다. 두 번째 방법은 P 가 변하므로 어떻게 비용이 변화되는가를 결정하기 위하여 식 (14)를 사용한다. 여기서는 2가지 분포에 대하여 비용산출을 식(13) 으로 적용하였다.

3.5.1 일양분포 형태의 흐름시간

어떤 인센티브를 사용할 것인가를 결정하기 위하여 허용시간 A 는 k 의 함수로써 규정되어져야만 한다. 누적 분포함수를 k 와 균등하게 맞추고 A 에 대하여 계산해 보자.

일양분포에 대하여, $A= \ell + k(u - \ell)$, 여기서 (u , ℓ)은 분포의 상한 및 하한경계값이다.

A_0 의 값은 A 에 대한 식에서 $k=\frac{\beta}{\alpha+\beta}$ 로 대입하여 계산된다.

즉, $A_0= \ell + \frac{\beta}{\alpha+\beta}(u - \ell)$ 이다. B>0 그리고 P=0 일 때 식(13)은 다음과 같이 계산된다.

$$X_B(B,0)=R+\frac{(u-\ell)[k(\alpha+\beta)-\beta]^2}{\alpha+\beta} \quad \cdots\cdots (16)$$

B = 0 그리고 P>0일 때 식(13)은

$$X_B(0,P)=R+\frac{[k(\alpha+\beta)-\beta]^2\cdot[-2\alpha-\beta+k(\alpha+\beta)](u-\ell)}{2(\alpha+\beta)^2(k-1)} \quad \cdots\cdots (17)$$

$$X_B(0,P)-X_B(B,0)=\frac{[k(\alpha+\beta)-\beta]^3(u-\ell)}{2(\alpha+\beta)^2(1-k)} \quad \cdots\cdots (18)$$

식(18)의 분포는 k<1일 때 양수이다. 만일 $[k(\alpha+\beta)-\beta]\geq 0$ 이면 분자는 비음수이다.

만일 $k=\frac{\beta}{\alpha+\beta}$ 이면

$$[k(\alpha+\beta)-\beta]=0 \quad \cdots\cdots (19)$$

만일 $k=\frac{\beta}{\alpha+\beta}+\varepsilon$ (여기서 $0<\varepsilon\leq\frac{\beta}{\alpha+\beta}$) 이면

$$\alpha k-(1-k)\beta=(\alpha+\beta)\varepsilon \quad \cdots\cdots (20)$$

여기서 $\alpha>0$, $\beta>0$ 이면 식 (20)은 양수가 되어야만 한다. k = 1, $\alpha k>0$ 일 때 분자는 k 의 균등값에 대하여 비음수 이다.
그러므로 최소비용 인센티브 안은 P = 0 그리고 B ≥ 0 이다. 즉, 일양 분포형태의 흐름시간은 보너스제도를 선택하는 것이 최소비용 인센티브안이다. 구매자는 적당한 보너스 B_k 를 선택하기 위하여 식(4)를 사용하여야 한다.

3.5.2 지수분포형태의 흐름시간

계수 λ를 갖는 지수분포형태 흐름시간을 고려해 보기로 한다.

이분포에서는 $A=\frac{1}{\lambda}\ln(1-k)$ 그리고 $A_O=\frac{1}{\lambda}\ln(1-\frac{\beta}{\alpha+\beta})$ 이다.
식(13)을 이용하여 P = 0, B ≥0 그리고 P ≥0, B = 0 를 비교하여 계산하면,

$$X_B(0,P) - X_B(B,0) = [-\beta + \mathrm{k}(\alpha+\beta)] \cdot \frac{\frac{-1}{\lambda} + \frac{\alpha}{(\alpha+\beta)\lambda} + \frac{\mathrm{k}}{\lambda}}{(1-\mathrm{k})} - \frac{[-\beta+\mathrm{k}(\alpha+\beta)]^2}{(\alpha+\beta)(1-\mathrm{k})\lambda} \quad \cdots\cdots (21)$$

식(21)은 0 으로 단순화 될 수 있다.

그러므로 적시조달의 주어진 확률을 달성하기 위하여 인센티브 안 의 비용은 위약금이나 보너스 둘 중에 하나를 사용하여 균등하게 된다. 구매자는 인센티브 안의 형태를 선택할 수 있다.

적시조달의 희망확률을 달성하기 위한 적당한 인센티브를 발견하기 위해 구매자는 식(4)에서 B_k 나 식(5)에서 P_k 를 사용할 수 있다.

요약해서 사용할 인센티브의 형태와 값을 결정하기 위하여 구매자는 공급자의 재고유지비, 재고 고갈비, 흐름시간분포를 알아야한다.

여기서 제시된 모델은 구매자가 이러한 사실을 알고 있다고 가정했다[5],[6]. 만일 이러한 가정이 지속될 때, 이러한 모델은 경영자에게 거의 정확한 인센티브 안의 선택을 위한 훌륭한 도구로 제공된다.

4. 결론

JIT 자재조달의 반 이상은 인센티브 시스템을 포함하고 있다. 그러나 어떻게 이러한 인센티브를 선정할 수 있을까가 더 중요하다. 여기서 검토한 인센티브의 2가지 형태는 보너스라고 불리워지는 일정액 인센티브이고 또 다른 하나는 위약금이라 불리우는 시간이 경과함에 따라 감소하는 인센티브이다.

적시 조달의 주어진 확률을 달성하기 위하여 요구되어지는 보너스와 위약금의 가치를 계산하기 위하여 사용되어 질 수 있는 방정식을 도출하였다. 또한 보너스와 위약금을 사용하는 무차별 곡선의점을 사용한 방정식을 도출하였다.

인센티브 형태가 최소비용이 되도록 결정하는 능력과 적시조달의 주어진 확률을 도달하는 최적방법을 제시했다. 이러한 연구결과는 인습화된 JIT 구매 조건하에서 최적방법은 일정액 보너스 이거나 시간당 위약금 제도이지 단지 두 형태의 결합이 아니라는 것이다. 결합방법이 최적이 아니라고 한다면 의사결정은 단지 보너스 제도를 사용시 비용과 위약금제도 사용시 비용을 직접적으로 비교함으로 결정할 수 있다. 인센티브 형태를 결정하기 위한 또 다른 방법은 적시조달의 주어진 확률을 구하기 위한 기대비용의 기울기를 발견하는 것이다.

일양분포 흐름시간에 대해서는 보너스 제도를 위약금제도 보다 더 선호되어지는 것을 나타내어 준다. 지수분포 흐름시간에 대해서는 구매자는 사용되어지는 인센티브 계약의 형태에 별로 반응을 나타내지 않았다.

적시조달 특정확률을 도달하기 위해 선택되는 보너스제도나 위약금제도는 동일 비용을 나타낼 것이다. 특히 검토한 2가지 형태의 분포의 경우 모든 결과는 보너스제도가 선택되어짐을 알 수 있었다. 위약금 제도가 엄격히 선호되는 사례에서 이는 매우 흥미 있는 일이다. 이러한 사례 원인을 발견하는 것이 장차 연구해야할 과제라고 생각된다.

향후 연구는 공급자가 흐름시간의 변화를 감소하기 위하여 선택된 인센티브의 방법을 결정하도록 유도되어질 수 있을 것이다. 부가적인 연구는 구매자의 기대비용을 최소화하는 적시조달의 확률을 어떻게 선택하느냐를 제기할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Freeland. J.R., "A survey of just-in-time purchasing practices in the United States", Production and Inventory Management Journal, second quarter 1991, 43-49.

[2] Chapman, S.N., "Just-in-time supplier inventory: An empirical implementation model", International Journal of Production Research, vol. 27, no. 12, 1989, 1993-2007.

[3] Hill, A.V. and Vollman, T.E., "Reducing vendor delivery uncertainties in a JIT envir onment", Journal of Operations Management, vol. 6, no. 4, 1986, 381-392.

[4] Grout, J.R. and Christy D.P., " An inventory model of incentives for on-time delivery in just-in-time purchasing contracts ", Naval Research Logistics, vol. 40, 1993, 863 - 877.

[5] Kohli, R. and Park H., " A cooperative game theory model of quantity discounts " Management Science, vol. 35 on. 6, 1989, 693-707.

[6] Banerjee, A., "A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor ", Decision Sciences, vol. 17, 1986, 292-311