Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering
Vol, 26, No. 3, pp.50－57, September 2003.

JIT구매 하에서의 단일제품의 통합재고모형에 관한 연구*

김 대 홍

한성대학교 산업 및 기계시스템공학부

An Integrated Inventory Model for a Single Product and its Raw Materials in Just-In-Time Purchasing

Dae-Hong Kim

Division of Industrial & Mechanical Systems Engineering, Hansung University

In this paper, we consider an integrated inventory system where a single supplier purchases and processes raw materials in order to deliver finished goods to a single buyer for effective implementation of Just-In-Time purchasing. An integrated JIT lot-splitting model of facilitating multiple shipments in small lots is developed in a JIT purchasing environment. Also, an iterative solution procedure is developed to find the order quantity for the finished goods and raw materials, and the number of shipments between buyer and supplier. We show by example that the integrated policy adopted by both buyer and supplier in a cooperative manner can provide them a greater economic benefit than seeking the local optimal inventory policy independently.

Keywords : Supply Chain Management, Integrated Inventory System, JIT Purchasing

1. 서 론

JIT 생산방식의 핵심요소중의 하나인 수요업체와 공급업체의 협력관계가 국내 제조업체간에 많은 관심의 대상이 되고 있는데 이는 완제품 생산을 위하여 상당수의 부품을 부품공급업체로부터 구매하게 되며 이로 인하여 수요업체의 생산성 및 제품의 품질이 상당부분 공급업체에 의하여 결정되기 때문인 것으로 판단된다. 자동차 업계를 예로 들면 총 원가의 50~80%가 구매부품에 의해 결정되며, 품질상 문제의 30%가 공급업자에 의하여 발생하고, 제조리드타임의 80%가 공급업자로 인하여 추가되는 것이다[11]. 따라서 공급업체와의 바람직한 협력관계 구축은 제품의 원가절감을 가능하게 할뿐만 아니라 최소의 부품재고로 완벽한 품질의 제품을 필요한 시점에 만드는 JIT 생산방식의 성공여부에도 지대한 영향을 미친다고 볼 수 있다.

수요업체와 공급업체 간에 긴밀한 파트너 쉽에 의거하여 다빈도소량구매하는 관행을 JIT구매라 하며 JIT생산방식을 실행하기 위하여는 JIT 구매방식의 도입이 필수적이며 이는 수요업체 뿐만 아니라 공급업체들의 노력과 협조가 필요한 사항이다. 그리고 90년대 들어오면서 정보통신의 비약적 발전으로 거리에 상관없이 다른 업체와 협력관계를 맺을 수 있었고 보다 나은 수익을 얻을 수 있는 기업이라면 누구와도 파트너가 될 수 있었다. 기존의 기업들도 이에 편승하여 다양한 정보시스템 툴들을 도입하고 자사에 맞는 시스템으로 융화시켜 나가고 있다.

최근에 등장한 기업간 협력의 개념은 하청기업을 관리의 대상이 아니라 구매업자와 공급업자 간에 평등한 입장에서의 협력이라는 측면이 강하게 작용한다고 할

* 본 연구는 2002년도 한성대학교 교내연구비 지원과제임

수 있다. 이렇게 거래에 대한 합의가 이루어지고 상호간 거래 정보를 주고받으며 공동의 이익을 위해 협력하고 노력하는 것을 공급망관리(Supply Chain Management)라고 한다.

공급망관리(SCM)의 정의를 살펴보면 제조, 물류, 유통업체 등 유통 공급망에 참여하는 모든 업체들이 협력을 바탕으로 정보기술(Information Technology)을 활용하여 재고를 최적화하고 리드타임을 대폭 감축하여 양질의 상품 및 서비스를 소비자에게 제공함으로써 소비자 가치를 극대화하기 위한 21세기 기업의 생존 및 발전 전략이다[3]. 앞에서 살펴본 정의에서 알 수 있듯이 공급망 내에 존재하는 기업들이 정보를 공유하여 이윤을 극대화 하는 것으로 볼 수 있다. JIT구매는 공급망관리의 일환으로 기업간 네트워크에 의한 시스템 경쟁력의 강화에 그 목적이 있다고 할 수 있으며 JIT구매는 공급업체 및 구매업체간의 긴밀한 협조 아래 상호 이익을 도출할 수 있는 방법의 모색을 주요한 목적으로 하고 있다.

이와 같은 공급업자와 구매업자 간의 유기적인 관계는 재고수준, 품질, 생산단가, 생산성, 고객의 만족도 등에 매우 긍정적인 영향을 미치는 것으로 평가 되고 있다. 이러한 JIT 철학은 일본 제조업이 수많은 성공을 이끌어 내고, 생산 및 재고관리의 연구에 많은 발전을 이루게 하였다. JIT 구매환경 하에서는 이 두 집단을 하나의 공급망으로 묶어 발주량을 다빈도 소량으로 납품하게 되며 전체 이익을 위해 지속적인 대화가 이루어져야 한다. 이러한 시스템이 구축되면 장기적으로 공급망 전체의 이익이 증가하게 되며 양 집단에게 동시에 이익을 가져오게 된다[1].

2. 연구배경

과거의 전통적인 구매에서는 구매업자와 공급업자가 서로 적대적인 관계였으며, 한 집단의 이익을 최대화하려는 재고정책이나 협상이 다른 집단에게는 더 많은 비용이나 손실을 가져다주는 경우가 발생하였다. JIT구매 하에서는 이 두 집단을 하나의 공급망으로 묶어 구매업자의 주문량을 공급업자가 다빈도 소량으로 납품하게 되며 이렇게 되면 두 집단 전체의 이익은 증가하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 구매업자와 공급업자를 하나로 묶어 구매업자와 공급업자간의 통합재고정책을 적용할 때와 공급업자 또는 구매업자 주도의 재고정책을 적용할 때를 총비용 면에서 비교하려고 한다. JIT구매의 특징으로는 다빈도 소량구매라 할 수 있으며 구매업체가 주문을 하면 공급업체는 구매업체에 다빈도 소량으로 나누어 납품하게 된다.

그러면 기존에 개발된 통합재고모형에 관한 연구들의 특징을 간략히 살펴보기로 하자. Kim, S.H.와 Chandra, J.[7]는 단일 완제품을 생산하는데 필요한 다원자재를 외부에 주문하게 되며, 이 때에 완제품의 1회생산량 및 각 원자재의 1회 주문량을 동시에 결정하는 통합재고모형을 제시하였다. Pan, A.와 Liao, C.J.[9]는 JIT구매 하에서 구매업자의 발주량을 공급업자가 몇 번에 나누어 보내는 것이 재고유지비용을 줄일 수 있는지에 대한 연구를 하였으나, 다빈도로 납품하는 경우의 고정 운송비를 고려하지 않았으며, Ramasesh, R.V.[10]는 Pan, A.와 Liao, C.J.[9]모형을 확장하여 전통적 재고모형을 JIT구매로 이행하기 위한 새로운 모형을 제시 하였으나 구매업자에게서 발생하는 총비용만을 고려하였고 공급업자에게서 발생하는 비용은 고려하지 못하였다. Goyal[5]은 제품수요가 알려져 있고 부재고는 허용되지 않는 상황에서 하나의 품목에 대한 구매업자와 공급업자의 총비용을 최소화하는 발주량을 찾을 수 있는 통합재고모형을 제시하였으며, Fazel, F.[4]은 JIT구매와 EOQ구매의 비교분석을 통해 총비용 면에서 비교하였다. Miller, P.A.와 Kelle, P.[8]은 JIT구매 하에서 구매업자와 공급업자의 단일품목의 통합재고모형을 제시하였으며, Ha, D.와 Kim, S.L.[6]가 제시한 모형도 JIT 구매를 수행하기 위해 구매업자와 공급업자 사이에 단일제품의 통합재고모형에 관한 연구였다. 앞에 두 연구들은 단일 품목의 조달 정책에 관한 것이나 Woo, Y.Y, Hsu, S.L., Wu, S.,[12]등이 제시한 모형은 공급업자가 여러 구매업자들에게 완제품을 공급하기 위해 원자재를 구매하는 통합 관리하는 재고모형을 보여주었지만 JIT구매를 고려하지는 않았다. 김대홍[2] 등의 연구에서는 앞의 연구들을 확장하여 단일품목이 아닌 다품목으로 확장한 구매업자와 공급업자의 통합재고모형을 제시하였다.

본 연구에서는 Ha, D. and Kim, S.L.[5]와 Miller, P.A. and Kelle, P.[8]의 JIT구매에 관한 통합재고모형에 관한 연구를 확장하려고 한다. 즉, 선행 연구들은 공급업자와 구매업자의 완제품재고만을 고려한 통합재고모형을 수립하였으나, 본 연구에서는 JIT구매 하에서 공급업자의 완제품을 생산하기 위한 다원자재까지 고려한 공급업자와 구매업자의 통합재고모형을 수립하고자 한다. 따라서 본 연구에서는 구매업자에게서 발생하는 완제품의 발주비용 및 재고유지비용, 그리고 구매업자에게 다빈도로 운송하는데 소요되는 운송비용, 공급업자의 완제품 생산을 위한 생산준비비용, 공급업자의 완제품 재고유지비용, 공급업자의 원자재 발주비용 및 원자재 재고유지비용을 모두 고려한 공급망 전체 통합총비용을 나타내는 식을 유도하고 통합총비용을 최소화하는 해법을 제시하고자 한다.

3. 분석적 모형

JIT구매 하에서 구매업자는 공급업자에게 단일품목을 1회 발주량(Q)만큼 발주하며, 발주를 받은 공급업자는 생산준비를 통하여 1회 발주량(Q)만큼 생산하고 이를 N회에 나누어 다빈도 소량(=Q/N)으로 구매업자에게 운송하며 이 때에 운송시마다 고정운송비(Z)가 소요된다. 또한 공급업자는 이 완제품을 생산하기 위하여 여러 종류의 원자재를 필요로 하며, 각 원자재는 완제품 1회생산량의 정수배(k_i배) 생산에 필요한 만큼 주문하여 사용하게 된다. 각 원자재를 발주하는 데는 발주비용이 소요되며 각 원자재를 보관하는데 재고유지비용이 소요된다.

본 연구는 수요가 확정적인 경우를 다루며 따라서 수요가 알려져 있기 때문에 안전재고는 두지 않는다. 일반적으로 과거의 재고관리에 대한 많은 연구에서는 구매업자나 공급업자 한쪽만의 총비용을 최소화하는 것 이었다. 그러나 본 연구에서는 구매업자와 공급업자의 통합 최적화를 하기 위해 Ha, D. and Kim, S.L.[6]와 Miller, P.A. and Kelle, P.[8]가 제시한 모형과 Woo, Y.Y, Hsu, S.L., Wu, S.,[12]들이 제시한 모형을 바탕으로 구매업체와 공급업체에 대한 단일품목의 통합 정량발주재고모형을 개발하였다.

기호정의

- D : 구매업자의 완제품 연간수요
- P : 공급업자의 완제품 생산율 (P>D)
- A_b : 구매업자의 완제품 1회 발주비용
- A_s : 공급업자의 완제품 1회 생산준비비용
- A_{r_i} : 공급업자의 i번째 원자재의 1회 발주비용
- u_i : 1개의 완제품을 생산하기 위한 i번째 원자재의 사용율
- H_b : 구매업자의 완제품 단위당 연간 재고유지비용
- H_s : 공급업자의 완제품 단위당 연간 재고유지비용
- H_{r_i} : 공급업자의 i번째 원자재의 단위당 연간 재고유지비용
- Z : 1회 운송당 통합 운송비용
- Q : 구매업자의 완제품 1회 발주량
- N : 완제품 1회 발주당 운송횟수
- k_i : 공급업자의 원자재 1회 발주량을 결정하는 의사결정변수로 공급업자의 완제품 몇 회 생산에 필요한 원자재를 발주해야 하는 지를 결정하며 정수값을 가짐 ($k_i \geq 1$)

필요한 기본가정은 전통적 경제적 발주량(EOQ)모형처럼 다음과 같다.

1) 완제품의 수요는 일정하고 알려져 있다.
2) 완제품 및 원자재의 선행기간은 일정하고 알려져 있다.
3) 1회 발주당 발주비용과 단위당 연간재고유지비용은 고정되어 있다.
4) 완제품과 원자재의 품절을 허용하지 않는다.
5) 공급업자의 완제품을 생산하기 위하여 다원자재를 사용한다.

일반적으로 JIT구매에서는 구매업자가 Q개를 공급업자에게 발주하면 공급업자는 Q개를 생산하여 N번에 나누어 다빈도소량(Q/N개)으로 납품하게 되며 공급업자와 구매업자의 재고수준의 변화가 <그림 1>에 나와 있다. 연간운송횟수는 ND/Q이며 이 때의 연간운송비용은 ZND/Q이다. 따라서 운송비를 포함한 구매업자의 연간총비용은

$$TC_{Buyer} = A_b \frac{D}{Q} + H_b \frac{Q}{2N} + Z\frac{ND}{Q}$$

공급업자는 구매업자로부터 주문을 받아서 한 번 생산준비를 하여 Q개를 생산하며 이를 N번에 나누어 납품하게 되며, 이 때의 완제품의 생산준비비용과 재고유지비용은 다음과 같다[6].

$$A_s \frac{D}{Q} + H_s \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{D}{P} - \frac{1}{N} + \frac{2D}{NP}\right)$$

그리고 완제품 생산을 위하여 외부에 발주하여야 하는 원자재는 일반적으로 m가지가 있으며 각 원자재의 발주빈도는 완제품의 발주빈도에 맞추어 발주하게 되며 일반적으로 완제품 1회 생산에 필요한 원자재량의 정수배(k_i배)만큼 주문하는 것을 가정하였다. 이 때에 공급업자에게서 발생하는 연간 원자재의 총발주비용 및 총재고유지비용의 합은 아래와 같다[12].

$$\sum_{i=1}^{m}\left[\frac{A_{r_i} D}{k_i Q} + H_{r_i}\left\{\frac{D\, u_i Q}{2P} + \frac{(k_i - 1)\, u_i Q}{2}\right\}\right]$$

따라서 공급업자의 연간총비용은

$$TC_{Supplier} = A_s \frac{D}{Q} + H_s \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{D}{P} - \frac{1}{N} + \frac{2D}{NP}\right) + \sum_{i=1}^{m}\left[\frac{A_{r_i} D}{k_i Q} + H_{r_i}\left\{\frac{D\, u_i Q}{2P} + \frac{(k_i - 1)\, u_i Q}{2}\right\}\right]$$

구매업자의 총비용과 공급업자의 총비용을 더하면 통합총비용이 되며 결과는 아래와 같다.

$$JTC(Q,N,\bar{k}) = A_b\frac{D}{Q} + H_b\frac{Q}{2N} + Z\frac{ND}{Q} + A_s\frac{D}{Q} + H_s\frac{Q}{2}(1-\frac{D}{P}-\frac{1}{N}+\frac{2D}{NP}) + \sum_{i=1}^{m}\left[\frac{A_{r_i}D}{k_iQ} + H_{r_i}\left\{\frac{D\,u_iQ}{2P}+\frac{(k_i-1)\,u_iQ}{2}\right\}\right] \cdots (1)$$

통합총비용을 최소화하는 운송횟수 N^*을 구하기 위하여 통합총비용을 N에 대하여 편미분하여 0으로 두면

$$-\frac{H_bQ}{2N^2}+\frac{ZD}{Q}+\frac{H_sQ}{2N^2}-\frac{H_sQD}{N^2P}=0 \cdots (2)$$

그러므로

$$N^* = Q\sqrt{\frac{H_b - H_s + 2H_s\frac{D}{P}}{2ZD}} \cdots (3)$$

통합총비용을 최소화하는 Q^*을 구하기 위하여 총비용을 Q에 대하여 편미분하여 0으로 두면

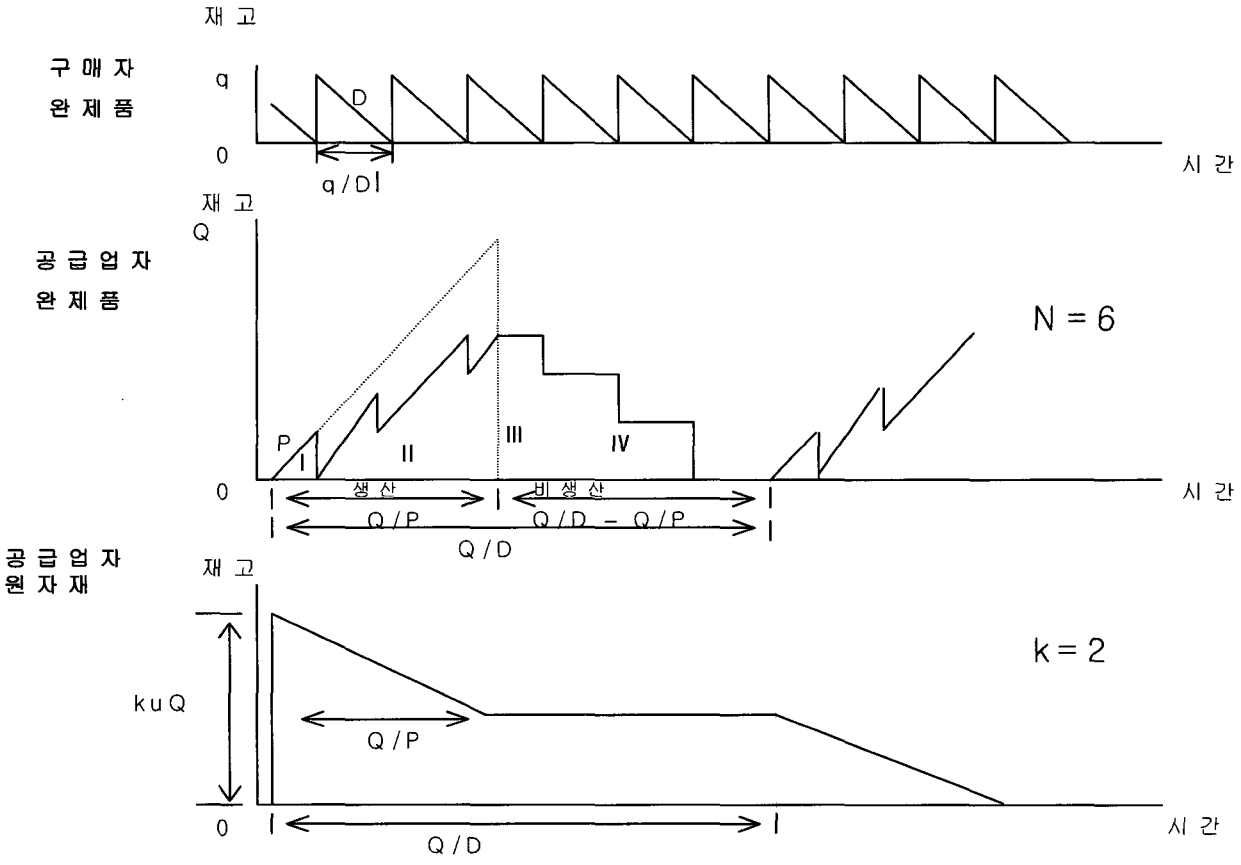
$$-\frac{A_bD}{Q^2}+\frac{H_b}{2N}-\frac{ZND}{Q^2}-\frac{A_sD}{Q^2}+\frac{H_s}{2}(1-\frac{D}{P}-\frac{1}{N}+\frac{2D}{NP}) + \sum_{i=1}^{m}\left[-\frac{A_{r_i}D}{Q^2k_i}+H_{r_i}\left\{\frac{D\,u_i}{2P}+\frac{(k_i-1)\,u_i}{2}\right\}\right]=0$$

위 식을 양변에 $2NQ^2$을 곱하고 (2)식을 이용하여 정리하면

$$-2D\left\{A_b+A_s+\sum_{i=1}^{m}\frac{A_{r_i}}{k_i}\right\} + Q^2\left[H_s(1-\frac{D}{P})+\sum_{i=1}^{m}H_{r_i}u_i\left\{\frac{D}{P}+(k_i-1)\right\}\right]=0$$

위의 식을 Q에 대하여 정리하면

$$Q=\sqrt{\frac{2D(A_b+A_s+\sum_{i=1}^{m}\frac{A_{r_i}}{k_i})}{H_s(1-\frac{D}{P})+\sum_{i=1}^{m}H_{r_i}u_i\left\{\frac{D}{P}+(k_i-1)\right\}}} \cdots (4)$$



<그림 1> 구매업자, 공급업자의 완제품 및 공급업자의 원자재의 재고수준 변화

주어진 Q 및 N에 대하여 총비용을 최소화하는 k_i를 구하기 위하여 통합총비용을 k_i에 대하여 편미분하여 0으로 두면

$$-\frac{A_{r_i}D}{k_i^2Q} + H_{r_i}\frac{u_iQ}{2} = 0$$

위의 식을 k_i에 대하여 정리하면

$$k_i = \frac{1}{Q}\sqrt{\frac{2A_{r_i}D}{H_{r_i}u_i}} \quad \cdots\cdots (5)$$

4. 반복적 해법

JIT구매 하에서 통합총비용을 최소화하는 완제품의 발주량(Q), 완제품의 운송횟수(N) 및 원자재의 발주빈도(k_i)를 구하는 것은 비선형 정수계획법 문제로 최적해를 구하는 것은 매우 어렵다. 따라서 본 논문에서는 반복적인 방법으로 해를 찾는 아래의 발견적 해법(heuristic method)을 이용하는데 초점을 맞추었다.

(1) $\overline{k}$의 초기치로 모든 i에 대하여 $k_i = 1$(i=1, 2,,...,m)로 둔다.

(2) 주어진 $\overline{k}$로 (4)식에서 Q를 계산한다.

(3) N값은 정수이므로 (3)식에서 N을 계산하여 반올림한다.

(4) (5)식에서 $\overline{k}$를 반올림하여 k_i(i=1,2,...,m)를 계산한다.

(5) (2)와 (3)과정으로 돌아가 수정된 $\overline{k}$를 이용하여 Q와 N값을 다시 계산하며 Q와 N값이 수렴할 때까지 (2)-(4)과정을 반복한다. Q, N 및 $\overline{k}$가 구해지면 이 때의 통합총비용은 (1)식을 이용하여 구할 수 있다.

5. 예제를 통한 분석

앞장에서 유도된 통합재고모형의 유용성을 보이기 위하여 Miller, P.A.와 Kelle, P.[8] 그리고 Woo, Y.Y., Hsu, S.L., Wu, S.[12]가 사용한 예제의 수치를 본 논문에 맞게 수정하여 통합재고정책을 유도해 보도록 하겠다.

공급업자의 생산율 P = 25,000개/년,
완제품의 연간수요 D = 10,000개/년,
구매업자의 완제품 1회 발주비용 A_b = \$100,
공급업자 완제품 1회 생산준비비용 A_s = \$200,
구매업자의 완제품 재고유지비용 H_b = \$6/개/년,
공급업자 완제품 재고유지비용 H_s = \$5/개/년,
1회 운송당 운송비용 Z = \$10/회,

그리고 공급업자가 완제품을 생산하기 위한 원자재는 4종류가 있다고 가정하고 각각의 원자재 발주비용, 재고유지비용 및 원자재 사용율(u_i)은 아래의 <표 1>과 같다고 가정한다.

<표 1> 공급업자의 원자재 발주비용, 단위당 연간재고유지비용 및 원자재사용율

비용	1	2	3	4
A_{r_i}(\$)	400	100	200	50
H_{r_i}(\$)	0.2	0.5	0.1	0.5
u_i	1	3	1	4

위의 자료를 이용하여 반복적 해법에 의해 해를 구한 결과가 아래의 <표 2>에 나와 있다. <표 2>에서 알 수 있듯이 반복적 해법을 수치예에 적용하여 4번 반복하면 해가 수렴하는 것을 알 수 있으며 적용결과는 구매업자의 1회 발주량은 1488개이며 공급업자는 이를 1회에 생산하여 7회에 나누어 213개(=1488/7)씩 공급하며 원자재의 발주빈도는 2번과 4번 원자재는 완제품의 1회생산량에 필요한 만큼만 주문하며 1번과 3번 원자재는 완제품 4회 생산에 필요한 만큼 주문한다. 이 때에 발생하는 통합총비용은 \$ 9066.60이다.

<표 2.> 수치예에 반복적 해법의 적용결과

반복번호	k_1	k_2	k_3	k_4	Q	N	JTRC
1	1	1	1	1	2155	11	\$10742.90
2	3	1	3	1	1593	8	9185.44
3	4	1	4	1	1488	7	9066.60
4	4	1	4	1	1488	7	9066.60

앞에서 제시한 반복적 해법은 발견적 해법(heuristic method)이므로 이 방법으로 구한 해가 최적해라는 보장은 없으며, 또한 이 해법으로 구한 해가 얼마나 최적해에 근접한지 알지 못한다. 따라서 이 반복적 해법이 최적해에 근접한 또는 최적해와 동일한 해를 찾을 수 있다는 것을 보여주기 위하여는 일단 수치예의 최적해를

알 수 있어야 한다. 최적해를 구하는 일반적 해법을 도출하기는 어렵지만 원자재의 품목 수가 적은 경우에는 k_i가 정수라는 특성을 이용하여 k_i의 모든 정수조합을 나열하고 각각에 대하여 완제품의 최적발주량 및 완제품의 최적운송횟수를 구하고 이 때의 통합총비용을 계산할 수 있다. 나열된 통합총비용 중에서 총비용이 최소가 되는 해를 찾으면 이것이 최적해가 되며 이 최적해를 앞에서 반복적 해법으로 구한 해와 비교할 수 있다. 수치 예의 원자재의 수는 4가지이므로 양의 정수 중 최적 k_i의 대상이 되는 k_i=1,2,3,4,5(i=1,2,3,4)등을 모두 나열하면 5^4 가지(625가지)이며 625가지 각각에 대하여 완제품의 최적발주량(1회생산량)과 최적운송횟수을 구한 후 이 때의 통합총비용을 계산하였다. 이 625가지 중에서 통합총비용을 최소화하는 해를 구한 결과 통합총비용은 $9066.60가 나왔다. 즉 모든 해의 나열에 의해 구한 최적해는 반복적 해법으로 구한 해와 정확히 일치하였다. 제시된 예제에 대하여 반복적 해법은 비교적 손쉽게 해를 구하면서도 통합총비용 면에서 최적해와 동일하다는 것을 보여 주고 있다. 또한 원자재의 수가 많은 경우에는 모든 해를 나열하는 방법으로 최적해를 구하는 것은 계산량이 매우 많아지므로 쉬운 일이 아니며 따라서 반복적 해법이 유용함을 알 수 있다.

6. 통합재고모형의 타당성 검토

앞에서는 구매업자와 공급업자 간의 통합재고 정책에 대해 알아보았다. 이 번에는 구매업자와 공급업자가 각각 자신이 유리한 입장에서 발주정책을 정하였을 때의 통합총비용을 앞 절에서와 같이 통합발주정책의 통합총비용과 비교하여 과연 어떤 정책이 보다 효과적인지 알아보도록 하겠다.

6.1 구매업자가 발주정책의 주도권을 가지는 경우

구매업자 입장에서 구매업자의 연간총비용을 최소화하는 발주량과 운송횟수를 구하고 이 때의 구매업자총비용 및 통합총비용을 계산하여 보도록 하겠다. 구매업자의 총비용은 구매업자의 발주비용, 재고유지비용 및 운송비용으로 구성되어 있으며 아래와 같다.

$$TC(Q,N)_{Buyer} = A_b\frac{D}{Q} + H_b\frac{Q}{2N} + Z\frac{ND}{Q} \quad \cdots (6)$$

구매업자의 총비용을 최소화하기 위하여 N에 대하여 편미분하여 0으로 두면

$$\frac{\partial TC(Q,N)_{Buyer}}{\partial N} = -\frac{H_bQ}{2N^2} + \frac{ZD}{Q}$$

따라서

$$N = Q\sqrt{\frac{H_b}{2ZD}} \quad \cdots (7)$$

(7)식을 (6)식에 대입하면

$$TC(Q,N)_{Buyer} = A_b\frac{D}{Q} + H_bQ\frac{1}{2Q\sqrt{\frac{H_b}{2ZD}}} + Z\frac{Q\sqrt{\frac{H_b}{2ZD}}D}{Q}$$

$$= A_b\frac{D}{Q} + \sqrt{2H_bDZ} \quad \cdots (8)$$

구매업자의 총비용인 (8)식을 최소화하는 발주량 Q는 $Q\to\infty$일 때이다. 이때의 구매업자 최소총비용은 $\sqrt{2H_bDZ}$이다. 이때에 공급업자는 주어진 Q와 N하에서 공급업자 총비용을 최소화하는 $\overline{k}$를 찾을 것이다. 공급업자의 총비용은

$$TC(\overline{k})_{Supplier} = A_s\frac{D}{Q} + H_s\frac{Q}{2}\left(1-\frac{D}{P}-\frac{1}{N}+\frac{2D}{NP}\right) + \sum_{i=1}^{m}\left[\frac{A_{r_i}D}{k_iQ} + H_{r_i}\left\{\frac{Du_iQ}{2P} + \frac{(k_i-1)u_iQ}{2}\right\}\right]$$

공급업자의 총비용을 최소화하는 $\overline{k}$를 구하기 위하여 공급업자의 총비용을 k_i에 대하여 편미분하여 0으로 두면

$$\frac{\partial TC(\overline{k})_{Supplier}}{\partial k_i} = -\frac{A_{r_i}D}{k_i^2Q} + H_{r_i}\frac{u_iQ}{2} = 0$$

$$k_i = \frac{1}{Q}\sqrt{\frac{2A_{r_i}D}{H_{r_i}u_i}} \quad \cdots (9)$$

구매업자의 입장에서 최적 발주량을 무한히 늘릴수록 유리하고($Q\to\infty$), (9)식에서 k_i 는 Q에 반비례하므로 모든 k_i는 1보다 같거나 큰 정수 중 가장 작은 값인 1로 두는 것이 구매업자의 총비용 면에서는 유리하다. 그러나 발주량이 무한히 커지면 ($Q\to\infty$) 공급업자의 총비용은 무한히 증가하며 전체 통합총비용도 무한히 증가한다.

앞 장의 동일한 수치 예의 자료를 이용하여 구매업자가 발주정책의 주도권을 가지는 경우에 적용하면 구매업자의 총비용은 $1095.45($=\sqrt{2H_bDZ}$)로 떨어지나,

공급업자의 총비용은 무한히 커지게 된다. 따라서 통합 총비용도 무한히 커지게 된다.

6.2 공급업자가 발주정책의 주도권을 가지는 경우

공급업자 입장에서 공급업자의 연간총비용을 최소화하는 완제품의 1회 생산량과 원자재별 발주빈도를 구하고 이 때의 공급업자총비용 및 통합총비용을 계산하여 보도록 하겠다. 공급업자의 총비용은 공급업자의 완제품 생산준비비용, 완제품 재고유지비용, 원자재 발주비용 및 재고유지비용으로 구성되어 있으며 아래와 같다.

$$TC_{Supplier}(Q,N,\overline{k})=$$
$$A_s\frac{D}{Q}+H_s\frac{Q}{2}(1-\frac{D}{P}-\frac{1}{N}+\frac{2D}{NP})$$
$$+\sum_{i=1}^{m}[\frac{A_{r_i}D}{k_iQ}+H_{r_i}\{\frac{Du_iQ}{2P}+\frac{(k_i-1)u_iQ}{2}\}] \cdots\cdots (10)$$

주어진 N과 $\overline{k}$하에서 공급업자의 총비용을 최소화하는 발주량 Q를 구하기 위하여 총비용을 Q에 대하여 편미분하여 0으로 두면,

$$\frac{\partial TC_{Supplier}(Q,N,\overline{k})}{\partial Q}$$
$$=-A_s\frac{D}{Q^2}+\frac{H_s}{2}(1-\frac{D}{P}-\frac{1}{N}+\frac{2D}{NP})$$
$$+\sum_{i=1}^{m}[-\frac{A_{r_i}D}{k_iQ^2}+H_{r_i}\{\frac{Du_i}{2P}+\frac{(k_i-1)u_i}{2}\}]=0$$

Q는 발주량이므로 양수라는 성질을 이용하고 위 식을 Q에 대하여 정리하면

$$Q=\sqrt{\frac{A_sD+\sum_{i=1}^{m}\frac{A_{r_i}D}{k_i}}{\frac{H_s}{2}(1-\frac{D}{P}-\frac{1}{N}+\frac{2D}{NP})+\sum_{i=1}^{m}H_{r_i}\{\frac{Du_i}{2P}+\frac{(k_i-1)u_i}{2}\}}} \cdots\cdots (11)$$

주어진 N과 Q에서 공급업자의 총비용을 최소화하는 $\overline{k}$를 구하기 위하여 공급업자의 총비용을 k_i에 대하여 편미분한 후 0으로 두면

$$\frac{\partial TC_{Supplier}(Q,N,\overline{k})}{\partial k_i}=-\frac{A_{r_i}D}{k_i^2Q}+H_{r_i}\frac{u_iQ}{2}=0$$

따라서

$$k_i=\frac{1}{Q}\sqrt{\frac{2A_{r_i}D}{H_{r_i}u_i}}(i=1,2,\ldots,m) \cdots\cdots (12)$$

공급업자의 총비용을 최소화하는 해법은 N이 정수라는 성질과 (11)과 (12)식을 반복적으로 이용한다.

(1) N의 초기치로 N=1로 두고 $\overline{k}$의 초기치로 k_i=1 (i=1,2,...,m)로 둔다.

(2) 주어진 N 및 $\overline{k}$로 식 (11)에서 Q를 계산한다.

(3) 주어진 N 및 Q로 식 (12)에서 $\overline{k}$를 계산하여 반올림한다.

(4) 수정된 $\overline{k}$를 이용하여 Q값을 다시 계산하며 Q와 N값이 수렴할 때까지 (2)-(3)과정을 반복하고 Q, N 및 $\overline{k}$값이 수렴하면 이 때의 공급업자 총비용을 계산한다.

(5) 공급업자의 총비용이 더 이상 감소하지 않을 때까지 N값을 1씩 증가시키며 (2)-(4)과정을 반복한다.

앞 장의 동일한 수치 예의 자료를 이용하여 공급업자가 발주정책의 주도권을 가지는 경우에 위의 해법을 적용하여 해를 구하면 N=1, Q=2147, 공급업자의 총비용은 $6953.34, 구매업자의 총비용은 $6984.53, 그리고 통합총비용은 $13937.88이다.

6.3 통합재고모형과의 비교

지금까지 제시한 여러 가지 발주정책을 구매업자 총비용, 공급업자 총비용 및 통합총비용 면에서 비교하여 표로 정리하면 아래와 같다.

<표 3> 발주정책간의 총비용 비교($)

정책 / 비용	구매업자 총비용	공급업자 총비용	통합 총비용
공급망통합관리	1780.19	7286.41	9066.60
구매업자가 주도권을 가지는 경우	1095.45	∞	∞
공급업자가 주도권을 가지는 경우	6984.53	6953.34	13937.88

공급망을 통합하여 통합총비용을 최소로 하는 발주정책이 전체 최적화를 이룰 수 있기 때문에 구매업자가 주도권을 가지고 구매업자총비용을 최소화하는 발주정책이나 공급업자가 주도권을 가지고 공급업자의 총비용을 최소화하는 발주정책에 비교하여 비용 면에서 당연히 좋은 성과를 보였다.

구매업자가 발주정책의 주도권을 가지는 경우는 구매업자 총비용 면에서는 통합 관리하는 경우의 구매업자 총비용보다 $684.74(38.5%)이 적었으나 공급업자 총비용이 무한히 증가하여 통합총비용 면에서 가장 불리하였다. 공급업자가 주도권을 가질 때에 공급업자의 총비용

은 공급망을 통합관리시보다 $333.07(4.6%) 줄었지만 구매업자 총비용은 $5204.34(292.3%)만큼 현저히 증가하여 전체적으로 통합총비용은 $4871.28(53.7%)이 높았다. 결론적으로 구매업자와 공급업자가 파트너 쉽에 기초하여 발주정책 및 운송횟수를 정하여 통합 관리하는 것이 통합총비용 면에서 매우 유리함을 알 수 있다.

7. 결 론

정보통신기술의 발달은 기업운영 방식에 많은 변화를 가져왔다. 모기업이 하청기업을 좌지우지하던 기존의 기업운영 방식에서 보다 능력과 기술이 뛰어난 기업들과 협력관계를 맺고 거래를 할 수 있는 기반이 확립됐다고 할 수 있다. 이러한 조건하에 유기적인 협력체계를 갖춘 기업은 지속적인 대화와 정보의 교류를 통해 상호이득을 공유하게 된다. 본 논문에서도 이러한 협력관계를 고려하여 구매업체, 공급업체에 대한 공급사슬관리(SCM)의 개념을 재고관리측면에 적용하여 통합재고관리를 했을 때 구매업자나 공급업자입장에서 부분최적화를 할 때에 비교하여 통합총비용적인 측면에서 효과적이라는 것을 알아보았다.

그러나 재고관리 측면에서 전체 최적화가 통합총비용 면에서 이득이라고 하여 구매업자나 공급업자의 총비용이 최소화되는 것은 아니며 이런 이유로 구매업자나 공급업자가 통합관리를 쉽게 받아들일 수 없다. 앞의 수치예를 가지고 설명한다면 구매업자 입장에서는 통합관리시의 구매업자총비용이 구매업자가 주도권을 행사하는 경우의 구매업자총비용에 비교하여 구매업자총비용이 $684.74 (62.5%)이 많으며, 아무런 금전적 유인책이 없이는 구매업자가 통합관리를 받아들이기 힘들다. 이는 공급업자의 경우도 마찬가지로 금전적인 유인책이 없이 통합관리를 받아들이기 어려우며 통합관리로 발생하는 이득을 구매업자와 공급업자에게 공평하게 나누는 유인책의 설계가 필요하다.

본 연구는 단일 완제품 다원자재인 경우를 다루었으나 본 연구의 확장으로 추후 일반적인 다품목인 경우의 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] 김대홍, 정승환, "한국 부품공급업체 생산 혁신전략 유형이 경쟁력에 미치는 영향", 대한산업공학회, 논문집. 제 11권. 제 1호, pp 164-174, 1998.

[2] 김대홍, 김용철, "JIT 구매 하에서의 다품목의 발주정책에 관한 연구", 한국산업경영시스템학회지, 제 25권, pp. 42-48, 2002.

[3] 한국 SCM민관 합동 추진 위원회, SCM과 핵심기술, 한국유통정보 센터, 1999.4.

[4] Fazel, F., "A comparative analysis of inventory costs of JIT and EOQ purchasing", Internal Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 27, No.8, pp 496-504, 1997.

[5] Goyal, S.K., "An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem", INT.J.PROD.RES, Vol.15, No.1, p 107~111, 1976.

[6] Ha, D. and Kim, S.L., "Implementation of JIT purchasing : an integrated approach", Production Planning & Control, Vol.8, No.2, pp 152-157, 1997.

[7] Kim, S.H. and Chanra, J., "An integrated inventory model for a single product and its raw materials", International Journal of Production Research, Vol.25, No.4, pp 627-634, 1987.

[8] Miller, P.A. and Kelle, P., "Quantitative support for buyer-supplier nogotiation in Just-In-Time Purchasing", International Journal of Purchasing and Material Management, pp 25-29, 1998.

[9] Pan, A.C., and Liao, C., "An inventory model under Just-In-Time purchasing agreements", Production and Inventory Management Journal-first quarter, pp 49-52, 1989.

[10] Ramasesh, R.V, Recasting the traditional inventory model to implement Just-In-Time purchasing, Production and Inventory Management Journal-first quarter, pp 71-75, 1990.

[11] Wills, T. and C. Huston, "Vendor Requirements and Evaluation in a JIT Environment", International Journal of Operations & Production Management" Vol 10, No 4 pp. 41-50, 1990

[12] Woo, Y.Y., Hsu, S.L., Wu, S., "An integrated inventory model for a single vendor and multiple buyers with ordering cost reduction", International Journal of Production Economics, pp 203-215, 2001.