

효율적 부재고 처리를 위한 물적 분배시스템 운영

김병찬*, 이선범**, 최진영***

An Operation Plan of Physical Distribution System for the Efficient Treating of Stockout

Kim, Byeong-Chan *, Lee, Sun-Bum **, Choi, Jin-Yeong ***

요약

우리나라의 자원부족 및 치열한 가격경쟁 등으로 기업들은 물류환경은 매우 어려운 상황에 직면해 있다. 이와 같은 물류비 부담이 무한경쟁시대에 국가 경쟁력이나 기업경쟁력에서 걸림돌이 되고 있음은 자명하다.

이와 관련된 기존 연구들은 대규모 분배네트를 정의된 기호를 활용하여 하나의 통일된 수식으로 표현함으로써 분배 네트워크에 대한 시스템적 접근을 가능케 했으나, 물적 분배시스템에서 재고정책운영을 전통적 방법으로 한정하여 현실적 적용에 많은 문제점을 안고 있다.

본 연구에서는 효율적인 부재고의 처리를 위한 분배시스템의 비용분석 및 모형을 개발하여 현실적 적용을 가능케 했으며, 물적 분배시스템과 관련된 운영비용을 감소시킬 것이다.

Abstract

The logistic environment of Korean companies faces very challenging circumstances due to lack of resources and tough price competitions. It is obvious that such a load of logistic cost becomes an obstacle to national or business competition advantages in the era of unlimited market competition.

Prior studies concerning these issues sought to express a large-scale distribution network in a unified numerical formula using defined symbols and could take systematic approaches to distribution network. But inventory policy and operation in material distribution system have been limited to conventional methodology, so they are exposed to many questions in practical applications.

This study analyzed distribution system cost and developed a relevant model for operation policy of distribution system for the efficient treating of stockout, allowing practical applications, so that it will contribute to saving operational cost related to material distribution system.

▶ Keyword : 백오더(back-order), 판매기회상실(lost sale cost), 분배시스템(distribution system)

• 제1저자 : 김병찬

• 투고일 : 2008. 11. 27, 심사일 : 2008. 12. 15, 게재완료일 : 2009. 2. 17.

* 서울대학 산업시스템경영과 전임강사 ** 경기대학교 대학원 산업공학과 박사과정

*** 경기대학교 공과대학 산업경영공학과 교수

I. 서론

원·부자재 구입가격의 상승, 물류비 상승 및 치열한 가격 경쟁 등으로 기업들은 매우 어려운 상황에 처해있다. 이와 같이 자재조달 및 물류비용의 부담이 기업경쟁력에서 걸림돌이 되고 있음은 자명하다. 이러한 이유로 물적 분배시스템의 재고통제운영전략은 기업들에게 특별한 관심의 대상이 되어 왔으며, 물적 분배시스템의 재고통제 전략과 관련된 많은 연구가 진행되어오고 있다.

이와 관련된 물적 분배시스템에 대한 연구는 분배 네트워크의 설계와 분배시스템의 운영이라는 두 가지 부문으로 대별될 수 있다[1],[2],[6]. 물적 분배시스템의 설계와 관련된 기존의 연구들은 선형계획법을 이용한 분배시스템 설계[4], 동적 계획법을 이용한 연구들[7]로 구분될 수 있다. 또한, 고객의 요구량보다 분배센터에서 보유하고 있는 재고량이 적을 경우 품질이 발생하게 된다. 결국, 제품품질로 인한 부재고처리에 대한 정책적 의사결정방안에 대한 의사결정이 이루어져야 한다. 이와 관련하여 부재고의 처리와 관련된 물적 분배시스템의 운영적 측면에 관한 연구로는 부재고정책에 대한 연구[3], 추후납품(back-order 또는 backloging)에 관한 연구[8], 판매기회상실비용(lost sale cost)에 관한 연구[9], 목표표하는 고객서비스 수준과 관련된 연구[5]가 진행되어 왔다.

이러한 연구들은 대규모 분배 네트워크를 정의된 기호를 활용하여 하나의 통일된 수식으로 표현함으로써 분배 네트워크를 정의된 기호를 통하여 하나의 통일된 수식으로 표현함으로써 분배네트워크에 대한 시스템적 접근을 가능케 했다는 점에서 높이 평가될 수 있으나, 효율적인 부재고의 처리를 위한 운영방법을 전통적 방법으로 한정하고 있으며, 요구되는 수요 수준에 대한 서비스율 및 그에 따른 대처방안인 부재고 처리 문제를 고려하지 않고 있다. 또한, 기업의 부재고 처리 방안을 추후납품(back-order)만을 고려하고 있어 현실적 적용에 많은 문제를 안고 있다. 또한 분배시스템의 운영적 측면에 관한 창고의 입지뿐만 아니라 설계문제의 더 나은 이해를 위한 많은 기여를 해왔지만, 현 시점에서 분배계획들의 중요 요구 사항들이 전통적인 모델들에 의하여 충족되지 못하므로 실제 문제해결노력에 많은 어려움을 앓고 있는 실정이다.

이러한 한계를 극복하기 위하여 본 연구에서는 중앙분배센터(Central Distribution Centers : CDCs), 지역분배센터(Regional Distribution Centers : RDCs)를 연결하는 수송단계의 고찰을 통하여 본 연구의 고려대상인 중앙분배센

터와 지역분배센터 간의 수송비관계, 정규분포를 따르는 서비스 수준별 부재고 처리방안 과 관련된 재고통제비용 관계를 살펴보고, 분배네트워크시스템 운영에서 품질에 대한 대처방안에 대한 두 가지 대안 즉, " ① 품질발생시 부재고처리를 백 오더(back-order)에 의한 방안과, ② 품질발생시 부재고처리를 판매기회상실(lost sale)에 의한 방안의 경우"로 나누어 각 대안별 운영비용을 비교검토 하였다.

본 연구의 목적은 물적 분배시스템에서 효율적인 부재고 처리방안을 두 가지로 구분하여 구매비용, 정규수송비용, 급송비용, 재고유지비용에 대한 비용분석을 통하여 효율적인 부재고 처리방안을 도출하는 것이다.

II. 문제분석 및 가정

많은 기업들에 있어 고객 서비스를 최대화 할 것인지 아니면 고객이 수용할 만한 정도에서 제품 품질을 허용할 것인지에 대한 의사결정의 상황에 놓이는 경우가 빈번히 발생한다. 높은 서비스 수준을 유지할 경우 구매비용, 주문비용, 수송비 및 급송비용등의 재고관련 비용이 상승되어 기업에 부담을 줄 것이다. 반면에 기업이 제품에 대한 품질을 허용할 경우 기업 이미지나 판매기회 상실 등에 대한 부담을 감수하여야 한다. 또한 고객이 수용할 만한 수준은 어느 정도이며, 고객서비스 수준 최대화를 위한 기업 운영비용 관계 등을 고려한 물적 네트워크 분배시스템 합리화 방안도출을 지원하기 위한 방안을 제시한다.

대고객서비스에 대한 의사결정 모델과 관련된 두 가지 검토 대안은 다음같이 구분된다.

첫째, 기업이 목표로 설정한 고객 서비스 수준을 달성하기 위하여 재고부족시 급송 등의 방법을 통하여 서비스 수준을 최대화 하는 방안이다.

둘째, 서비스 수준 최대화로 기업에 부담을 주는 것을 회피하기 위하여 목표로 하는 서비스 수준에 대한 재고보유를 하고 재고부족시 고객에게 부재고 처리등에 대한 양해를 구하고 재고부족분에 대하여 재고부족비용으로 처리하는 방안이다.

재고부족을 허용하는 경우의 모형은 [그림 2-1]과 같이 자재조달과 관련하여 소요되는 필요량이 Q 일때 특정 서비스 수준에서의 실제 주문이 발생하는 최대재고 수준은 총 소요량 (Q)에서 재고부족 허용량($Q-M$)을 뺀 양이다.

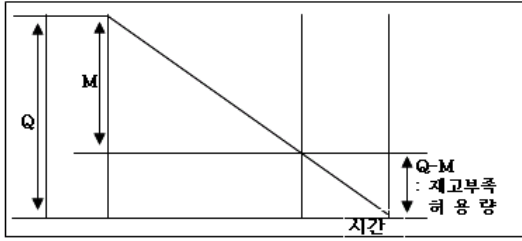


그림 2-1. 재고부족 허용 개념도
Fig 2-1. Allow of stockout's concept diagram

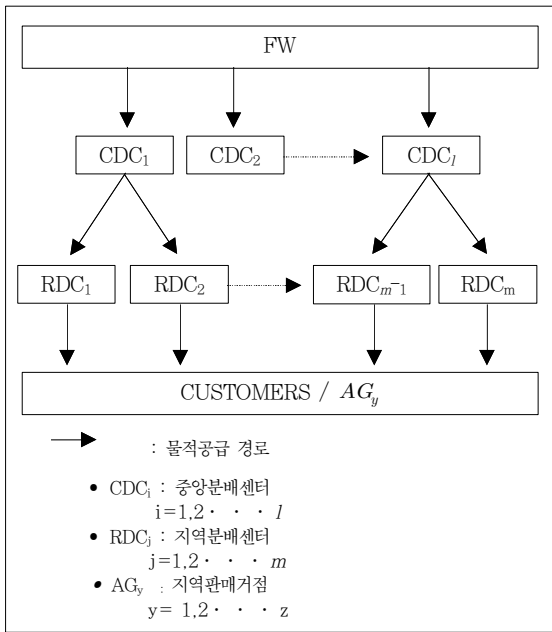


그림 2-2. 물적분배시스템 다이어그램
Fig 2-2. Physical distribution system diagram

본 연구에서 고려하는 중앙분배센터와 지역분배센터의 정규 및 급송혼용방식에 따른 제품의 조달과정은 다음의 [그림 2-2]과 같이 나타내어 질 수 있다.

[그림 2-2]은 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로 정규공급 하거나 제품 보유가 부족하거나 품질시 정규공급조달 및 급송을 통해 제품을 조달하는 재고통제 전략이라고 할 수 있다. 또한 본 연구의 현실성을 높이기 위하여 구매수량에 따른 할인을 고려한다.

덤이 주어지는 가격할인이 이루어지는 분기점은 P 점이며 일 정주문량 P 만큼 주문이 발생하면 공급자는 순 구매량 외에 덤의 양 즉, $(1 - e^{-\beta}) U$ 만큼의 양을 제공받는다. 순구매량(n)은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, α 는 덤으로 받는 양이다.

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

따라서 [그림 2-3]에서 보는 바와 같이 덤의 형태로 가격 할인이 이루어지는 주문에서 P 분기점에 도달하는 양의 주문이 이루어지면 제공받는 공급량은 U점이 되며, 구매가격은 덤의 양 $(1 - e^{-\beta}) U$ 을 제외한 가격인 $CUe^{-\beta}$ 가된다.

덤의 누적량(K_j)은 할인 적용 분기점 P를 기준으로 P점에 도달한 경우 와 P점 이상의 경우 에는 식(1) 과 같이 나타낼 수 있으며,

$$K_j = U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}), \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

할인이 적용될 경우의 구매비용(C_μ)은 식(2)와 같이 일반화 되어 연간 구매비용(T_p)은 식(3)과 같다. 여기서, D/Q는 연간 주문회수를 의미한다.

$$C_\mu = c \times (Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \quad (2)$$

$$T_p = c \times (Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \frac{D}{Q} \quad (3)$$

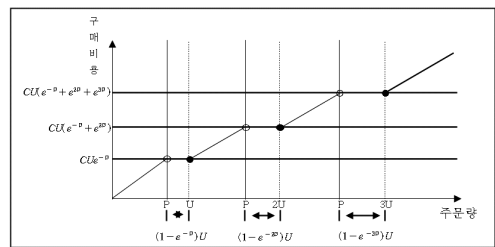


그림 2-3. 가격할인 개념도
Fig2-3. Discount concept diagram

효율적인 부재고의 처리를 위한 물적분배시스템 운영방안의 비교분석을 위한 두 가지 대안에 대한 적용단계는 다음과 같다.

첫째, 품질발생시 백오더(back-order)를 통하여 고객수요에 대응하는 경우의 물적 분배 네트워크 시스템의 제품조달 과정을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

단계 1. 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 정규공급이 이루어진다. 이때, 공급량은 목표로 하는 서비스 수준을 달성하기 위하여 지역분배센터에서의 소요량과 안전재고를 합한 양이며, 각 중앙분배센터에서 각 지역분배센터로의 공급량은 동일하다.

단계 2. 각 지역분배센터에서는 지역적인 수요특성에 의하여 각기 다른 수요율이 가정된다. 단, 서비스 수준 99% 이상의 고객수요 발생은 고려하지 않는다.

단계 3. 단계 2에 의하여 고객의 요구량이 지역분배센터의 보유량보다 많은 경우 중앙분배센터에 재고 부족분에 대한 조회 및 요청을 하여 중앙분배센터에서 지역분배센터로 급송을 통하여 고객에게 제품을 인도한다.

단계 4. 단계 1로 돌아간다.

둘째, 품질발생시 판매기회상실(lost sale)을 통하여 부재고 처리를 하는 경우 물적 분배 네트워크 시스템의 제품조달 과정을 단계별로 정리하면 다음과 같다.

단계 1. 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 정규공급이 이루어진다. 이때 정규공급량은 지역분배센터에서의 소요량과 목표로 하는 서비스 수준에 해당하는 안전재고를 합한 양이며, 각 중앙분배센터에서 각 지역분배센터로의 공급량은 동일하다.

단계 2. 각 지역분배센터에서는 지역적인 수요특성에 의하여 각기 다른 수요율이 가정된다. 단, 서비스 수준 99% 이상의 고객수요 발생은 고려하지 않는다.

단계 3. 단계 2에 의하여 고객의 요구량이 지역분배센터의 보유량보다 많은 경우 고객에게 부재고 처리에 대한 양해를 구하고 재고부족을 비용을 처리한다.

단계 4. 단계 1로 돌아간다.

본 연구에서 제안한 수식모형을 제시하기 위한 주요 가정은 다음과 같다.

- ① 요구되는 서비스 수준은 정규분포를 따른다.
- ② 품목은 단일 품목을 고려한다.
- ③ 중앙분배센터 및 지역분배센터에서의 재고부족시 급송은 동일단계 즉, 같은 수준의 분배센터로부터 조달받지 아니하고 상위단계의 분배센터로부터 조달받는다.

본 연구의 수식모형전개에서 사용하는 기호는 다음과 같다.

T_p^δ = 서비스 수준 최대화 모형의 연간 총평균 구매비용.
 TL_{ij} = 중앙분배센터 i 와 지역분배센터 j 간의 총평균 수송거리.

N_{ijp} = 정규공급 채널에 의한 총평균 수송비용.
 Q_{ijt} = 정규공급시 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로 연간 총평균 수송량.

M^e = 서비스 수준 최대화 모형을 위한 제품 공급시 구매량.
 M_{ijt} = 정규공급시 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로 연간 총평균 수송량.

M_{ijp}^e = 정규 공급시 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터로 j 의 품목당 평균 수송량.

$Q-M^e$ = 재고부족량.

M_{ip}^e = 중앙분배센터 i 의 p 품목 보유량.

M_{jp} = 지역분배센터 j 에서 p 품목의 소요량.

Q_{ijc} = 급송시 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로의 연간 총평균 급송량.

C_{ijp} = 재고부족분에 대한 급송 채널에 의한 총 평균 급송 비용.

VC_{ijp} = 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로의 품목 p 에 대한 연간 총평균 수송비용.

H_{ip} = 중앙분배센터 i 지역에서 품목 p 의 재고유지비

H_{jp} = 지역분배센터 j 지역에서 품목 p 의 재고유지비.

H_{ijp} = 중앙분배센터 i 지역 및 지역분배센터 j 지역에서 품목 p 의 총재고 유지비용.

Q^δ = 서비스 수준 최대화 모형을 위한 제품 공급시 구매량.

W_p = p 품목에 대한 고객의 요구량.

W_{ijp} = 정규 공급시 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로의 품목당 평균 수송량.

L_{ij} = 중앙분배센터 i 와 지역분배센터 j 간의 수송거리.

W_{ip} = 중앙분배센터 i 의 p 품목 보유량.

W_{jp} = 지역분배센터 j 의 p 품목 보유량.

M_{jp}^e = 지역분배센터 j 의 p 품목 보유량.

M_{ip} = 중앙분배센터 i 에서 p 품목의 소요량.

V_p = 품목 p 의 재고 부족량.

V_{ijp} = 급송시 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로의 품목당 평균 급송량.

k_{ijp} = 정규 공급시 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로의 품목 p 수송시 단위당 수송비용.

III. 수식모형 및 해법



k_{ijp} = 중앙분배센터 i 에서 지역분배센터 j 로의 단위당 급송비용.

H_c = 단위당 재고 유지비용.

S_{jp} = 지역분배센터 j 지역에서 품목 p 의 재고 부족비.

β = 구입 제품에 대한 가격할인 비율.

c = 단위당 구매비용.

3.1 부재고처리를 위한 물적 분배시스템 운영방안

3.1.1 품질시 부재고처리를 백오더(back-order)에 의하는 경우

품질시 부재고 처리를 백오더(back-order)에 의하는 경우의 계산절차는 다음과 같다.

① 구매비용

기업에서 목표로 하는 서비스 수준의 준수를 위한 재고 소요량(Q^δ)은 품목당 재고 소요량(Q_p)과 서비스 수준별 안전재고량($z \cdot \sigma_d$)으로 구성된다. 따라서, 연간 총평균 구매비용(T_p^δ)은 물적 분배 네트워크 시스템 개념 부분에서 정의한 식(3)에 따라서 식(4)과 같이 표현할 수 있다.

$$T_p^\delta = \frac{1}{t} \left(c \cdot (Q^\delta - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \cdot \frac{D}{Q^\delta} \right) \dots\dots\dots (4)$$

② 정규수송비용

정규공급에 의한 연평균 수송량(Q_{ijt})은 다음 식(5)과 같다.

$$Q_{ijt} = \frac{1}{t} \left(\sum_i \sum_j \sum_p (W_{ijp} + z \cdot \sigma_d) \right) \dots\dots\dots (5)$$

중앙분배센터 i 와 지역분배센터 j 간의 정규 재공급 총평균 수송거리(TL_{ij})는 다음식 (6)를 통하여 구하여진다.

$$TL_{ij} = \frac{1}{t} \left(\sum_i \sum_j L_{ij} \right) \dots\dots\dots (6)$$

중앙분배센터 i 와 지역분배센터 j 간의 수송비용(N_{ijp})은 다음 식(7)에 의하여 표현될 수 있다.

$$N_{ijp} = \frac{1}{t} \left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \right) \times L_{ijp} \right] \times k \dots\dots\dots (7)$$

③ 재고부족량의 급송 수송비

재고 부족분(V_{ijp})에 대한 연평균 급송을 통한 수송량(Q_{ijc})은 다음 식(8)를 통하여 구하여진다.

$$Q_{ijc} = \frac{1}{t} \left(\sum_i \sum_j \sum_p V_{ijp} \right) \dots\dots\dots (8)$$

따라서, 재고부족량에 대한 연간 총평균 급송 수송비(C_{ijp})는 다음 식(9)과 같이 나타낼 수 있으며 급송은 상위단계의 중앙분배센터로부터 공급을 받는다.

$$C_{ijp} = \frac{1}{t} \left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p V_{ijp} \right) L_{ijp} \right] \times k_{ijp} \dots\dots\dots (9)$$

따라서, 요구되는 정규수송량과 서비스 수준만큼의 안전재고량을 중앙분배센터 및 지역분배센터에서 보유하는 경우의 수송비용 산정을 위한 연간 총평균 수송비(VC_{ijp}) 계산식은 식(7), (9)에 의하여 다음 식(10)와 같이 표현할 수 있다.

$$VC_{ijp} = \frac{1}{t} \left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \right) \times L_{ijp} \right] \times k_{ijp} + \frac{1}{t} \left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p V_{ijp} \right) \times L_{ijp} \right] \times k_{ijp} \dots\dots\dots (10)$$

④ 재고통제비용

단위당 재고유지비용은 중앙분배센터와 지역분배센터에 동일하게 적용하며, 요구되는 서비스 수준에 의한 보유량 및 안전재고량을 중앙 분배센터 및 지역분배센터에서 보유하는 경우의 재고유지비용은 중앙분배센터의 재고유지비용(H_{ip}) 식(11)과 중앙분배센터의 재고유지비용(H_{jp}) 식(12)으로 나누어 나타내면 다음과 같다.

$$H_{ip} = \sum_i \sum_p \left[\frac{W_{ip}}{2} + z \cdot \sigma_d \right] \times H_c \dots\dots\dots (11)$$

$$H_{jp} = \sum_j \sum_p \left[\frac{W_{jp}}{2} + z \cdot \sigma_d \right] \times H_c \dots\dots\dots (12)$$

따라서, 요구되는 서비스 수준만큼의 재고량을 중앙분배센터 및 지역분배센터에서 보유하는 경우의 재고통제비용을 위한 총 재고유지비용 계산식은 식(11), (12)에 의하여 다음 식(13)과 같이 표현할 수 있다.

$$H_{ijp} = \sum_i \sum_p \left[\frac{W_{ip}}{2} + z \cdot \sigma_d \right] \times H_c$$

$$+ \sum_j \sum_p \left[\frac{W_{jp}}{2} + z \cdot \sigma_d \right] \times H_c \dots\dots\dots (13)$$

요구되는 서비스 수준의 안전재고량을 중앙분배센터 및 지역분배센터에서 보유하는 경우의 총운영비용은 정규제품급시의 수송비와 서비스 수준설정에 의한 재고부족량에 대한 급송비용 및 중앙분배센터 및 지역분배센터에서의 재고유지비용의 합으로 나타낼 수 있다. 따라서 총비용(TC)은 식(4), (10), (13)에 의하여 다음 식(14) 과 같이 계산할 수 있다.

$$TC = \frac{1}{t} \left[C(Q^\delta - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \frac{D}{Q^\delta} \right] + \frac{1}{t} \left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p Q^\delta \right) \times L_{ijp} \right] \times k_{ijp} + \frac{1}{t} \left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p V_{ijp} \right) \times L_{ijp} \right] \times k'_{ijp} + \sum_i \sum_p \left[\frac{W_{ip}}{2} + z \cdot \sigma_d \right] \times H_c + \sum_j \sum_p \left[\frac{W_{jp}}{2} + z \cdot \sigma_d \right] \times H_c \dots\dots\dots (14)$$

3.1.2 품질서 부재고 처리를 판매기회상실(lost sale)에 의하는 경우

품질서 부재고 처리를 판매기회상실(lost sale)에 의하는 경우의 계산절차는 다음과 같다.

① 구매비용

재고부족을 허용하는 모형의 총 소요량(M^e)은 품목당 최대 재고량(M_p)과 안전재고(z · σ_d) 이며, 할인이 적용될 경우의 구매비용은 식(3)과 같이 일반화되어 연간 총평균 구매비용(T_p)은 식(15)과 같다.

$$T_p = \frac{1}{t} \left[C(M^e - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \frac{D}{M^e} \right] \dots\dots\dots (15)$$

② 정규수송비용

재고부족을 허용할 경우의 정규공급시 총평균 수송량(M_{jt})은 다음 식(16)과 같다.

$$M_{jt} = \frac{1}{t} \left(\sum_i \sum_j \sum_p M_{ijp}^e \right) \dots\dots\dots (16)$$

그리고 중앙분배센터 i와 지역분배센터 j 사이의 연간 총평

균 수송거리(tL_{ij})는 다음 식(17) 과 같다.

$$tL_{ij} = \frac{1}{t} \left(\sum_i \sum_j L_{ij} \right) \dots\dots\dots (17)$$

이러한 수송환경을 고려한 연간 총평균 수송비(N_{ijp})은 다음 식(18)에 의하여 표현될 수 있다.

$$N_{ijp} = \frac{1}{t} \left[\sum_i \sum_j \sum_p (M_{ijp}^e) \cdot L_{ijp} \right] \times k \dots\dots\dots (18)$$

③ 재고부족량의 급송 수송비

정규공급량 이상의 수요가 발생 할 경우 부족분은 중앙분배센터에 긴급조달을 요청함으로써 이루어지게 된다. 하지만 재고부족을 허용하는 경우에는 급송이 이루어지지 않고 재고부족에 대한 비용처리를 하게 된다. 따라서, 급송관련 식은 고려하지 않는다.

④ 재고통제 비용

요구되는 서비스 수준에 의한 보유량 및 안전재고량을 중앙분배센터 및 지역분배센터에서 보유하는 경우의 재고유지비용은 중앙분배센터의 재고유지비(H_{ip}) 적용과정은 다음과 같다. 중앙분배센터에서 정규공급량에 대한 재고보유량(M_{ip}^e)은 중앙분배센터의 소요량(M_{jp})과 안전재고(z · σ_d)이며, 다음 식(19)와 같다.

$$H_{ip} = \left[\sum_i \sum_p \left(\frac{M_{ip}^e}{2} \right) \right] \times H_c \dots\dots\dots (19)$$

지역분배센터에서 정규공급량에 대한 재고보유량(M_{jp}^e)은 지역분배센터의 소요량(M_{jp})과 안전재고(z · σ_d) 이며, 지역분배센터의 재고유지비(H_{jp})는 다음 식(20)과 같다.

$$H_{jp} = \left[\sum_j \sum_p \left(\frac{M_{jp}^e}{2} \right) \right] \times H_c \dots\dots\dots (20)$$

④ 재고부족 비용

재고부족이 발생하는 경우 급송을 통한 조달을 하지 않고 재고부족비용(s)으로 처리한다. 즉, 재고부족에 따른 허용비용은 <그림 2-1>에서 보는 바와 같이 Q-M 이 되며 재고부족과 관련된 연간 평균 재고부족비(S_{jp})은 다음 식(21)와 같다.

$$S_{jp} = \left[\sum_j \sum_p \frac{(Q - M_{jp}^e)}{2} \right] \times s_{jp} \dots\dots\dots (21)$$

따라서 재고부족을 허용하는 경우 총비용은 식(15), (18) ~ 식(21)에 의하여 다음 식(22)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} TC = & \frac{1}{t} \left[c_p (M^e - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta})) \frac{D}{M^e} \right] \\ & + \frac{1}{t} \left[\sum_i \sum_j \sum_p (M_{ijp}^e) \cdot L_{ijp} \right] \times k_{ijp} \\ & + \left[\sum_i \sum_p \left(\frac{M_{ip}^e}{2} \right) \right] \times H_c + \left[\sum_j \sum_p \left(\frac{M_{jp}^e}{2} \right) \right] \times H_c \\ & + \frac{1}{t} \left[\sum_j \sum_p \frac{(Q - M^e)}{2} \cdot s_p \right] \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

IV. 운영비용분석

본 연구에서 효율적인 부재고의 처리를 위한 물적분배시스템 운영방안에 따른 총비용을 비교하여 분석하는데 있어서 실제 시스템과 같은 시뮬레이션 모형은 만들 수 없지만, 현실적으로 실제 시스템과 가장근접하며 두 가지 방안을 합리적으로 비교분석하기 위하여 분석을 위한 기본정보를 동일하게 하였다.

본 연구의 비교분석에 적용되는 기본정보는 다음 <표 4-1>과 같다.

<표 4-2>는 식(14) 와 식(22)에 의하여 계산된 결과이고, <그림 4-1>은 <표 4-2>를 그림으로 나타낸 결과이다.

<표 4-1>에서 단위 중량당 평균수송비용의 경우 수송량에 따라 각기 수송적재량이 다른 차량이 고려되어야 하지만 본 연구에서는 단위중량당(kg) 수송비용을 계산하므로 단위부피당 수송비용은 1원, 급송비용은 2원, 품목 p에 대한 재고부족비용은 150원 으로 가정하였다. 재고부족은 수요를 정규분포로 가정하여 서비스 수준 90%, 95%, 99%에 해당하는 수량을 적용하였다.

표 4-1. 분석을 위한 기본정보
Table 4-1. Basic information for analysis

일반 항목	적용 수치
연간수요량(D)	300,000 kg
1회 주문비용(O _c)	10,000 원
단위당 재고유지비용(H _c)	100 원

가격할인율(β)	0.01 %
변들 사이즈(U)	50,000 kg
수송거리(L _{ijp})	50 km
단위당 수송비용(k _{ijp})	1 원
단위당 급송비용(k' _{ijp})	2 원
단위당 재고부족비용(s _p)	150원

<표 4-2>의 결과를 고찰해보면 다음과 같다.

- ① 서비스 수준 96.5 %에서 비용곡선 변경이 시작된다. 따라서 본 모형을 적용할 경우 서비스 수준 96.5% 이하의 경우 재고부족허용 공급시 운영비용이 적으며, 96.5% 이상의 경우 서비스 수준별 공급시 운영비용이 적다.
- ② 서비스 수준별 운영비용은 90%에서 재고부족허용 공급시 운영비용 377,645원, 95%에서 88,981원이 절감되며, 99%에서는 서비스 수준별 공급시 운영비용 57,393 원이 절감된다.

또한, 재고부족허용 공급시 운영비용 과 서비스 수준별 공급시 운영비용에 대한 수치 에 결과를 추가적으로 설명을 하면 다음과 같다.

할인 분기점(P)를 고려하여 적정 주문량(Q)에 대한 주문이 아닌 재고부족 허용을 고려하여 재고부족 허용량을 제외한 주문량 즉, Q-M 만큼의 양을 주문함으로 써 재고 기업의 총 운영비를 줄이는 결과를 살펴보았다. 본연구 결과를 바탕으로 구매정책 수행시 재고관련 운영비용을 감소시킴 으로서 자체 조달관련 운영비용을 최소화 시켜 대외 경쟁력 제고의 효과가 기대된다.

표 4-2. 부재고처리 의사결정을 위한 분석표
Table 4-2. Analysis table for decision-making of stockout treatment

(단위 : 원)

구 분	백오더(back-order)에 의한 부재고 처리시 운영비용		
	90%	95%	99%
서비스 수준	90%	95%	99%
구매 비용	2857848	2862363	2869953
정규 수송비용	1480640	1506384	1553698

급송 비용	278316	139158	27832
재고 유지비용	2961280	3012768	3107396
재고 부족비용	-	-	-
총비용	7578083	7520673	7558878

구분	판매기회상실(lost sale)에 의한 부재고 처리시 운영비용		
서비스 수준	90%	95%	99%
구매 비용	2833664	2844700	2855086
정규 수송비용	1341482	1436805	1539782
급송 비용	-	-	=
재고 유지비용	2682964	2873610	3079564
재고 부족비용	342328	276576	264052
총비용	7200439	7431691	7738484

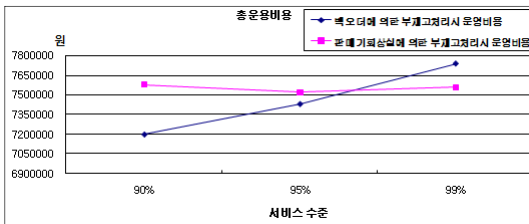


그림 4-1. 운영비용 결과 차트
Fig 4-1. Result chart of operation cost's

V. 결론

본 연구에서 제시한 효율적인 부재고의 처리를 위한 물적 분배시스템 운영방안에 관한연구는 완제품의 저장 및 분배를 목적으로 하는 물적 분배시스템에 대한 효율적 운영을 목적으로 개발된 알고리즘으로서, 기존의 물적 분배시스템의 연구에서는 고려하지 않았던 품질 발생시 두 가지 부재고 처리방안에 대한 비교 분석을 통한 물적 분배시스템 운영상의 비용 특

성에 대한 모형의 개발 및 분석을 하였다.

그 결과로서 기업에서 물적 분배시스템 정책 및 운영계획을 수립할 때 본 연구에서 다음과 같이 수치예제를 통하여 고찰한 결과 서비스 수준 96.5%에서 비용곡선 변경이 시작된다. 따라서, 기업에서 목표로 하는 서비스 수준에 따라 개발된 모형을 적용할 수 있다. 즉, 서비스 수준 96.5% 이하의 경우에는 품질로 인한 부재고를 판매손실비로 처리하는 방안을 선택하며 96.5% 이상의 경우에는 품질로 인한 부재고에 대하여 급송을 통하여 고객에게 서비스하는 것이 운영비용 측면에 기업에 유리 하다.

본 연구에서 제시하고 있는 효율적인 부재고의 처리를 위한 의사결정 모형 개발을 통하여 대규모 분배 네트워크의 운용에 따른 제반 문제에 대한 보다 현실적인 접근을 가능케 하였으며, 기업에서 목표로 하는 서비스 수준별 물적 분배시스템의 운영과 관련된 현실적인 여러 대안들의 분석을 통하여 물적 분배시스템의 정책수립을 위한 지침으로 활용할 수 있는 이론적 토대를 마련하였다.

또한, 본 연구를 활용하면 다음과 같은 장점이 기대된다.

- ① 기업의 방침이나 목표를 고려한 물적 분배시스템 운영비를 최소화 할 수 있는 방안을 찾을 수 있다.
- ② 이론적 지식이 풍부하지 못해 적용하기 어려웠던 수식을 선형으로 단순화한 모형을 통해 부재고의 처리를 위한 물적분배시스템 운영방안에 대한 비교분석을 쉽게 적용할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김병찬, 양대용, "재고통제 운용전략이 물적분배시스템 운용비용에 미치는 영향에 관한 연구", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제11권, 제2호, 295 - 301쪽, 2006년 5월.
- [2] 김병찬, 최진영, "지역통합 네트워크관리하의 재고통제 운용전략에 관한 연구", 산업경영시스템학회지, 제31권, 제3호, 110-116쪽, 2008년 9월.
- [3] 김완희, 김은갑, "고객 주문에 대한 수용 거부가 발생할 수 있는 주문 생산 재고 시스템을 위한 휴리스틱 재고 보충 정책", 한국생산관리학회지, 제16권, 제1호, 37-61쪽, 2005년 9월.
- [4] 이내형, "동일수준 조달을 고려한 다단계 분배시스템 운영에 관한 연구", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제6권, 제4호, 13-34쪽, 2001년 12월.

- [5] 이효성, "판매기회가 유실되는 생산/재고 시스템에서의 (s , S) 재고정책", 한국경영과학회지, 제16권, 제1호, 13-34쪽, 1991.
- [6] Bernhard Fleishmann, "Designing distribution systems with transport economics of scale", European journal of Operation Research, Vol, 70, pp. 31-42, 1993.
- [7] Chengzhi Jiang, Zhaohan Sheng, "Case-based reinforcement learning for dynamic inventory control in a multi-agent supply-chain system", Expert Systems with Applications, In Press, Corrected Proof, Available online 22 July 2008.
- [8] Chung-Yuan Dye, Hornng-Jinh Chang, Jinn-Tsair Teng, "A deteriorating inventory model with time-varying demand and shortage-dependent partial backlogging", European Journal of Operational Research, Vol, 172, Issue 2, pp. 417-429, July 2006.
- [9] T. Vijayan, M. Kumaran, "Inventory models with a mixture of backorders and lost sales under fuzzy cost", European Journal of Operational Research, Vol,189, Issue 1, pp. 105-119, August 2008.

저 자 소 개



김 병 찬
 2009년 2월 경기대학교 대학원 산업공학 박사
 서울대학교 산업시스템경영과 전임강사
 <관심분야> SCM, 생산공학, 기술경영(MOT)



이 선 범
 2005년 ~ 현재 경기대학교 대학원 산업공학과 박사 수료
 <관심분야> SCM, 생산정보시스템



최 진 영
 1988년 2월 한양대학교 산업공학 박사
 1979년 ~ 현재 경기대학교 공과대학 산업경영공학과 교수
 <관심분야> 자재관리, 생산공학, 생산정보시스템