

# 가

김병찬<sup>†</sup> · 김홍기

경기대학교 공과대학 산업경영공학과 교수

## A Study on the Operation of Distribution System for the Rationalization of Safety Stock under the Price Discount

Byeong-Chan Kim<sup>†</sup> · Hong-Ki Kim

Dept. of Industrial Engineering, Kyonggi University

The objective of this was to improve a transportation cost relation between Central Distribution Centers(CDCs) and Regional Distribution Centers(RDCs), to control inventory cost concerning safety stock for each service level, by reviewing distribution steps connecting CDCs and RDCs under the price discount. It was also to examine and compare operating costs for the following two alternative suggestions for setting the service standard as a counter measure for a stock-out of the distribution network system management.

First, provision by dispersing the safety stock to the CDCs and RDCs; and second, exclusive provision of the safety stock only to the RDCs.

The cost comparison analysis was made for each category of purchase costs, regular transportation costs, express transportation costs, and inventory holding costs.

**Keywords** : Safety Stock, Price Discount, Distribution System

### 1. 서론

원·부자재 구입가격의 상승, 물류비 상승 및 치열한 가격경쟁 등으로 기업들은 매우 어려운 상황에 처해있다. 이와 같이 자재조달 및 물류비용의 부담은 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 부문

으로 대별될 수 있다(김병찬, 양대용, 2006; 김병찬, 최진영, 2008; Bernhard et al., 1993). 물적 분배시스템의 설계와 관련된 기존의 연구들은 목적계획법(정철화 외 2인, 1999), 선형계획법을 이용한 분배시스템 설계(오탈환, 민계료, 1993), 동적 계획법을 이용한 연구들(Chengzhi Jiang et al., 2008)로 구분될 수 있다. 또한, 안전재고 효율화와 관련된 물적 분배시스템의 운영적 측면에 관한 연구로는 구매가격 할인에 대한 연구(김병찬, 최진영 2001), 서비스 수준과 관련된 연구(G. Don Taylor et al., 2008), 안전재고운영전략에 관한연구(June Young Jung et al., 2008), 재고유지비용과 관련된 연구(A.K. Maity et al., 2008)가 진행되어

논문접수일 : 2009년 05월 15일    논문수정일 : 2009년 09월 12일    게재확정일 : 2009년 09월 16일

<sup>†</sup> 교신저자 pckim4759@korea.com

※ 본 논문은 2007학년도 경기대학교 산업기술융합연구소 연구비에 의해 연구되었음.

왔다.

이러한 연구들은 대규모 분배 네트워크를 정의된 기호를 통하여 하나의 통일된 수식으로 표현함으로써 분배네트워크에 대한 시스템적 접근을 가능케 했다는 점에서 높이 평가될 수 있으나, 안전재고 효율화와 관련된 운영방법을 전통적 방법으로 한정하고 있으며, 요구되는 수요수준에 대한 서비스율 및 그에 따른 대처방안인 부재고 처리문제를 고려하지 않고 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 안전재고 정책수립시 지수적으로 적용되는 가격할인 등 분배계획들의 중요 요구사항들이 전통적인 모델들에 의하여 충족되지 못하므로 실제 문제해결노력에 많은 어려움이 있다.

이러한 한계를 극복하기 위하여 본 연구에서는 중앙분배센터(Central Distribution Centers : CDCs), 지역분배센터(Regional Distribution Centers : RDCs)를 연결하는 수송단계의 고찰을 통하여 본 연구의 고려대상인 중앙분배센터와 지역분배센터 간의 수송비관계, 정규분포를 따르는 서비스 수준별 안전재고와 관련된 재고통제비용 관계를 살펴보고, 분배네트워크시스템 운영에서 품질에 대한 대처방안으로 서비스 수준 설정에 대한 두 가지 대안 즉, “① 중앙분배센터와 지역분배센터에 안전재고를 분산하여 보유하는 경우와 ② 중앙분배센터에 안전재고를 두지 않고 지역분배센터에 안전재고를 보유하는 경우”로 나누어 구매비용, 정규수송비용, 급송비용, 재고유지비용으로 구분된 각 대안별 운영비용을 비교검토하였다.

## 2. 문제분석 및 가정

각 기업마다 지역의 고객수요에 대응하기 위한 기능을 담당할 분배센터를 운영하고 있으나 고정비나 변동비등 분배센터 운영에 대한 높은 비용이 수반되므로 분배센터 운영에 대한 경제성 분석과 운영형태 즉, 자가창고 운영, 영업창고 운영 또는 자가창고와 영업창고를 결합시킨 형태의 지역별 분배센터 운영 등에 대한 비용 분석이 선행되어야 한다.

비용분석과 관련하여 본 연구에서는 중앙분배센터와 지역분배센터 간의 수송비관계 및 정규분포를 따르는 서비스 수준별 안전재고와 관련된 재고통제비용 관계를 살펴보고, 분배네트워크시스템 운영에서 품질에 대한 대처방안으로 서비스 수준 설정에 대한 두 가지 대안을 분석하고자 한다.

안전재고입지에 대한 의사결정 모델과 관련된 두 가지 대안은 다음과 같다.

첫째, 중앙분배센터와 지역분배센터에 안전재고를 분산하여 보유하는 경우, 둘째, 중앙분배센터에 안전재고를 두지 않고 지역분배센터에 안전재고를 보유하는 경우로 나누어 각 대안별 운영비용을 비교검토 하였다.

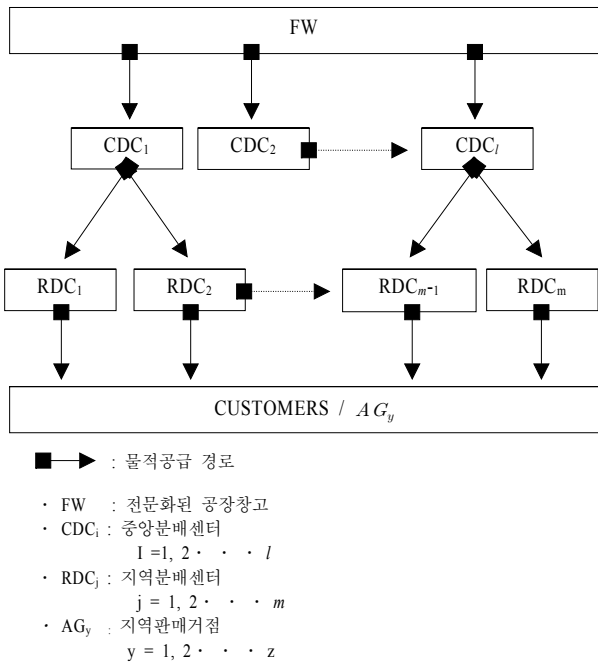
중앙분배센터에서 지역분배센터로의 정규공급이 이루어질 때, ① 안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터로 분할하여 보유하는 경우에는 지역분배센터에서의 소요량( $W_{jp}$ )과 분할된 서비스 수준( $z \cdot \sigma_d / \eta$ , 단,  $\eta$ 는 분할비율)이 지역분배센터로 공급된다. 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 정규공급이 이루어질 때, ② 안전재고를 지역분배센터에 전량 보유하는 경우에는 지역분배센터에서의 소요량( $W_{jp}$ )과 총 안전재고량( $z \cdot \sigma_d$ )이 지역분배센터로 공급된다.

지역분배센터에서의 고객의 요구량이 해당 지역분배센터의 정규재고 보유량(안전재고가 제외된 보유량)보다 많은 경우 품질이 발생하게 되어 부재고 위험을 감수해야 한다. 안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터로 분할하여 보유하는 경우에는 지역분배센터에서의 부족분을 지역분배센터에서 보유하고 있는 재고로 충당 후 중앙분배센터에 분할하여 보유하고 있는 안전재고를 급송 받아 고객에게 인도한다. 안전재고를 지역분배센터에 통합하여 보관하는 경우에는 부족분을 지역분배센터에서 보유하고 있는 안전재고로 충당을 하고 고객에게 인도한다. 이때, 연구의 적용범위는 안전재고량 이내로 한정을 한다.

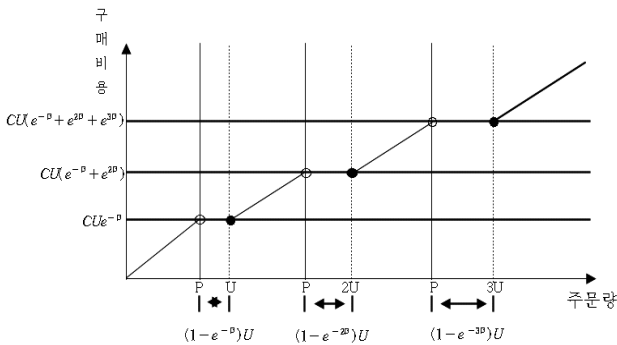
본 연구에서 고려하는 중앙분배센터와 지역분배센터의 정규 및 급송혼용방식에 따른 품목별(p) 제품의 조달 과정은 <그림 2-1>과 같다.

<그림 2-1>은 중앙분배센터 i에서 지역분배센터 j로 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 P점이며 일정주문량 P만큼 주문이 발생하면 공급자는순 구매량 외의 덤의 양 즉,  $(1 - e^{-\beta})U$  만큼의 양을 제공받는다. 순구매량(n)은 번들사이즈(U)에서 덤의 양( $\alpha$ )만큼 줄어든 양이다.

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



<그림 1> 물적분배시스템 다이어그램



<그림 2> 가격할인 개념도

<그림 2>에서 보는 바와 같이 덩의 형태로 가격할인이 이루어지는 주문에서 분기점 P에 도달하는 양의 주문이 이루어지면 제공받는 공급량은 U점이 되며, 구매가격은 덩의 양을 제외한 가격이 된다.

덩의 누적량( $K_j$ )은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며,

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

할인이 적용될 경우의 매회 구매비용( $P_\mu$ )은 식 (2)와 같이 일반화 되어 연간 구매비용( $T_\mu$ )은 식 (3)과 같다. 여기서,  $D/Q$ 는 연간 주문회수를 의미하며,  $c$ 는 단위수량당 구매비용이다.

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

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

수량할인의 경우에는 덩이 주어지는 가격할인 모형을 적용하여 조달비용 합리화를 위하여 재고정책 수립을 위한 현실적인 대안을 개발하였다. 또한, 각각의 개별기업에서 취급하는 구매비용, 수송비용, 재고유지비용, 수송거리, 안전재고수준은 동일한 것으로 가정한다. 본 연구의 목적은 연간 총비용(TC)을 최소화하는 것으로 연간 총비용은 기본적인 다음의 네 가지를 고려하여 적용하였다.

- ① 구매비용
- ② 재고유지비용
- ③ 수송비용
- ④ 급송비용

본 연구에서 사용되는 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.
- ④ 서비스 수준에 따르는 재고부족을 허용하되 부재고(backorder)로 처리하여 급송이 이루어진다.

### 3. 수식모형 및 해법

본 연구의 수식모형전개에 사용되는 기호는 다음과 같다.

$T'_p$  = 안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터로 분할하여 보유할 경우의 품목 p의 연간 총평균 구매비용.

$T_p$  = 안전재고를 지역분배센터에 통합하여 보유할 경우의 품목 p의 연간 총평균 구매비용.

$TL_{ij}$  = 중앙분배센터 i와 지역분배센터 j간의 총평균 수송거리.

$N_{ijp}$  = 정규공급 채널에 의한 중앙분배센터 i에서 지역분배센터 j로의 총평균 수송비용.

$Q_{ijp}$  = 정규공급시 중앙분배센터 i에서 지역분배센터 j로의 연간 총평균 수송량.

- $Q'_{ijp}$  = 급송시 중앙분배센터  $i$ 에서 지역분배센터  $j$ 로의 품목  $p$ 의 연간 총평균 급송량.
- $C_{ijp}$  = 재고부족분에 대한 급송 채널에 의한 중앙분배센터  $i$ 에서 지역분배센터  $j$ 로의 품목  $p$ 의 총평균 급송비용.
- $VC_{ijp}$  = 중앙분배센터  $i$ 에서 지역분배센터  $j$ 로의 품목  $p$ 에 대한 연간 총평균 수송비용.
- $H_{ip}$  = 중앙분배센터  $i$ 지역에서 품목  $p$ 의 재고유지비용.
- $H_{jp}$  = 지역분배센터  $j$ 지역에서 품목  $p$ 의 재고유지비용.
- $H_{ijp}$  = 중앙분배센터  $i$ 지역 및 지역분배센터  $j$ 지역에서 품목  $p$ 의 총재고유지비용.
- $Q$  = 안전재고를 지역분배센터에 통합하여 보유할 경우 제품 공급시 구매량.
- $Q'$  = 안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터로 분할하여 보유할 경우 제품 공급시 구매량.
- $W_p$  =  $p$ 품목에 대한 고객의 요구량.
- $W_{ijp}$  = 정규 공급시 중앙분배센터  $i$ 에서 지역분배센터  $j$ 로의 품목  $p$ 의 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.
- $k_{ijp}$  = 정규 공급시 중앙분배센터  $i$ 에서 지역분배센터  $j$ 로의 품목  $p$ 의 단위중량당 수송비용.
- $k'_{ijp}$  = 정규 공급시 중앙분배센터  $i$ 에서 지역분배센터  $j$ 로의 품목  $p$ 의 단위중량당 급송비용.
- $H_c$  = 단위중량당 재고 유지비용.
- $c$  = 단위중량당 구매비용.
- $\beta$  = 구입 제품에 대한 가격할인 비율.

### 3.1 분배센터별 서비스수준에 따른 안전재고 정책

#### 3.1.1 안전재고를 중앙분배센터 및 지역분배센터에 분산하여 보유하는 경우

안전재고를 중앙분배센터 및 지역분배센터에 분산하여 보유하는 경우의 계산절차는 다음과 같다.

##### ① 구매비용

안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터로 분할하여 보유하는 경우에 총 소요량( $Q'$ )은 지역분배센터에서의

소요량( $W_{ijp}$ )과 안전재고량( $z \cdot \sigma_d$ )으로 구성되며, 물적 분배 네트워크 시스템 개념 부분에서 정의한 식 (2)과 같이 일반화 되어 연간 총 평균 구매비용( $T'_p$ )은 다음 식 (4)와 같다.

$$T'_p = \frac{1}{t} \left( Q' - U \sum_{k=1}^i (1 - e^{-k\beta}) \frac{D'}{Q'} \right) \times C \quad (4)$$

##### ② 정규수송비용

요구되는 서비스 수준만큼의 안전재고량이 포함된 경우 수송비용 산정을 위한 계산절차는 다음과 같다. 단, 안전재고 분할 비율은 중앙분배센터와 각지역분배센터에 동일한 비율의 양을 두는 것으로 가정한다. 따라서, 목표로 하는 서비스 수준을 만족시키기 위한 정규공급 총 평균 수송량( $Q'$ )은 고객의 요구량( $W_{ijp}$ )과 분할된 서비스 수준의 안전재고량( $z \cdot \sigma_d/n$ )을 공급하므로 연간 총 평균 수송량( $Q_{ijp}$ )은 다음 식 (5)와 같다.

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

중앙분배센터  $i$ 와 지역분배센터  $j$ 간의 정규 재공급시 연간 총평균 수송거리( $TL_{ij}$ )는 다음 식 (6)을 통하여 구하여진다.

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

중앙분배센터와 지역분배센터간의 단위당 수송비용은 중앙분배센터와 지역분배센터간에는 선형수송비용을 가정한다. 따라서 이러한 수송환경을 고려한 연간 총평균 정규수송비용( $N_{ijp}$ )은 다음 식 (7)에 의하여 표현될 수 있다.

$$N_{ijp} = \frac{1}{t} \left[ \left( \sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} + \frac{z \cdot \sigma_d}{n} \right) \times L_{ij} \right] \times k_{ijp} \quad (7)$$

##### ③ 재고부족량의 급송 수송비

재고부족분에 대한 수량은 먼저 해당 지역분배센터에서 분산 보유하고 있는 안전재고를 우선적으로 활용하며 부족한 경우 중앙분배센터에 안전재고량을 수배하여 부족분에 대한 충당을 한다. 즉, 연간 총평균 급송비( $VC_{ijp}$ )는 다음 식 (8)과 같이 나타 낼 수 있다.

$$VC_{ijp} = \frac{1}{t} \left( \left( \sum_i \sum_j \sum_p V_{ijp} \right) \times L_{ij} \right) \times k'_{ijp} \quad (8)$$

④ 재고통제 비용

요구되는 서비스 수준의 안전재고량을 중앙 분배센터 및 지역분배센터에 분산 보유하는 경우, 중앙분배센터  $i$ 에서의 품목  $p$ 의 재고유지비용( $H_{ip}$ )은 식 (9)와 같으며, 지역분배센터  $j$ 에서의 품목  $p$ 의 재고유지비용( $H_{jp}$ )은 식 (10)과 같다.

$$H_{ip} = \sum_i \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{ip} \times \frac{z \cdot \sigma_d}{1-n} \right) \times H_c \quad (9)$$

$$H_{jp} = \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{jp} \times \frac{z \cdot \sigma_d}{n} \right) \times H_c \quad (10)$$

따라서, 요구되는 서비스 수준만큼의 안전재고량을 중앙분배센터 및 지역분배센터에서 보유하고 경우의 재고통제비용을 위한 평균 재고고유지비용( $H_{ijp}$ ) 계산식은 식 (9), 식 (10)에 의하여 다음 식 (11)과 같이 표현할 수 있다.

$$H_{ijp} = \sum_i \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{ip} \times \frac{z \cdot \sigma_d}{1-n} \right) \times H_c + \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{jp} \times \frac{z \cdot \sigma_d}{n} \right) \times H_c \quad (11)$$

따라서, 요구되는 서비스 수준의 안전재고량을 중앙분배센터 및 지역분배센터에서 보유하는 경우의 총운영비용은 정규제품공급시의 수송비와 서비스 수준설정에 의한 재고부족량에 대한 급송비용 및 중앙분배센터 및 지역분배센터에서의 재고유지비용의 합으로 나타낼 수 있다. 따라서 총비용 (TC)은 식 (4), 식 (7), 식 (8), 식 (11)에 의하여 다음 식 (12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$TC = \frac{1}{t} \left( Q - U \sum_{k=1}^i (1 - e^{-k\beta}) \right) \frac{D}{Q} \times C + \frac{1}{t} \left[ \left( \sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} + \frac{z \cdot \sigma_d}{n} \right) \right] \times L_{ijp} \times k_{ijp} + \frac{1}{t} \left( \sum_i \sum_j \sum_p V_{ijp} \right) \times L_{ijp} \times k'_{ijp} + \sum_i \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{ip} \times \frac{z \cdot \sigma_d}{1-n} \right) \times H_c + \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{jp} \times \frac{z \cdot \sigma_d}{n} \right) \times H_c \quad (12)$$

3.2 안전재고를 지역분배센터에만 통합하여 보유하는 경우

① 구매비용

안전재고를 지역분배센터에 전량 통합하여 보유하는

경우의 총 소요량( $Q$ )은 지역분배센터에서의 소요량( $W_{jp}$ )과 안전재고량( $z \cdot \sigma_d$ )으로 구성되며, 물적 분배네트워크 시스템 개념 부분에서 정의한 식 (3)과 같이 일반화 되어 연간 총 평균 구매비용( $T_p$ )은 다음 식 (13)과 같다.

$$T_p = \frac{1}{t} \left[ \left( Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}) \right) \times \frac{D}{Q} \right] \times C \quad (13)$$

② 정규수송비용

요구되는 서비스 수준만큼의 안전재고량이 포함된 경우 수송비용 산정을 위한 계산절차는 다음과 같다. 단, 중앙분배센터에는 안전재고를 두지 않고 지역분배센터에 통합하여 안전재고를 두는 것으로 가정한다. 따라서, 목표로 하는 서비스 수준을 만족시키기 위한 정규공급 총 평균 수송량은 고객의 요구량( $W_{ijp}$ )과 분할된 서비스 수준( $z \cdot \sigma_d$ )을 공급하므로 연간 총평균 수송량( $Q_{ijp}$ )은 다음 식 (14)와 같다.

$$Q_{ijp} = \frac{1}{t} \sum_i \sum_j \sum_p Q_{ijp} \quad (14)$$

정규공급 총평균 수송거리 식은 앞에서 보여준 식 (6)과 같으며, 정규공급시 수송량은 중앙분배센터에 안전재고를 보유하지 않고 지역분배센터에 전량 수송하게 되므로 연간 총평균 수송비( $N_{ijp}$ )은 다음 식 (15)와 같다.

$$N_{ijp} = \frac{1}{t} \left[ \left( \sum_i \sum_j \sum_p (Q_{ijp}) \right) \times L_{ijp} \right] \times k_{ijp} \quad (15)$$

③ 재고부족량의 급송 수송비

본 연구의 적용범위는 서비스 수준 99% 이내로 한정하였다. 따라서 재고부족분이 발생할 경우 각 지역분배센터에서 보유하고 있는 안전재고량으로 충당이 가능하므로 급송비용은 고려되지 않는다.

④ 재고통제 비용

요구되는 서비스 수준의 안전재고량을 지역분배센터에서 보유하는 경우에 중앙분배센터의 평균재고유지비( $H_{ip}$ )는 다음 식 (16)과 같으며, 지역분배센터의 평균재고유지비( $H_{jp}$ )는 다음 식 (17)과 같다.

$$H_{ip} = \sum_i \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{ip} \right) \times H_c \quad (16)$$

$$H_{ip} = \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} (W_{ip} \times z \cdot \sigma_d) \right) \times H_c \quad (17)$$

따라서, 요구되는 서비스 수준만큼의 안전재고량을 지역분배센터에서 보유하고 경우의 재고통제비용을 위한 연평균 재고고유지비용( $H_{ip}$ ) 계산식은 식 (16), 식 (17)에 의하여 다음 식 (18)과 같이 표현할 수 있다.

$$H_{ip} = \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{ip} \right) \times H_c + \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} (W_{ip} \times z \cdot \sigma_d) \right) \times H_c \quad (18)$$

요구되는 서비스 수준의 안전재고량을 지역분배센터에서 보유하는 경우의 총운영비용은 정규제품공급시의 수송비 중앙분배센터 및 지역분배센터에서의 재고유지비용의 합으로 나타낼 수 있다. 따라서 총비용 (TC)은 식 (13), (15), (18)에 의하여 다음 식 (19)와 같이 계산할 수 있다.

$$TC = \frac{1}{t} \left[ \left( \left( Q - U \sum_{k=1}^j (1 - e^{-k\beta}) \right) \times \frac{D}{Q} \right) \right] \times C + \frac{1}{t} \left[ \left( \sum_j \sum_p \sum_p (Q_{ip}) \right) \times L_{ip} \right] \times k_{ip} + \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} W_{ip} \right) \times H_c + \sum_j \sum_p \left( \frac{1}{2} (W_{ip} \times z \cdot \sigma_d) \right) \times H_c \quad (19)$$

### 4. 운영비용분석

본 연구에서 안전재고 보유 입지분할과 입지통합의 서비스 수준에 따른 총비용을 비교하여 분석하는데 있어서 현실적으로 실제 시스템과 가장 근접하며 두 가지의 비교안에 대한 상황을 동일하게 함으로써 두 상황의 효율적인 비교 및 시스템의 타당성을 입증할 수 있는 최적의 분배시스템 모형을 통한 비교분석을 하였다.

본 연구의 비교분석에 사용된 수치 및 해당수치의 특성은 <표 1>과 같다.

식 (12) 과 식 (18)에 의하여 계산된 결과는 <표 2>와 같으며, <그림 1>은 <표 2>를 그림으로 나타낸 것이다.

단위 증량당 평균수송비용의 경우 수송량에 따라 각기 수송적재량이 다른 차량이 고려되어야 하지만, 본 연구에서는 거리증량당(kg) 수송비를 계산하므로 단위부피당 수송비용은 1원, 급송비용은 2원으로 가정하였다. 재고부족은 수요를 정규분포로 가정하여 서비스 수준 90%,

95%, 99%에 해당하는 수량을 적용하였다.

<표 4> 분석을 위한 기본정보

항 목	적용 수치
연간수요량(D)	300,000 kg
1회 주문비용( $O_c$ )	10,000 원
단위당 재고유지비용( $H_c$ )	100 원
가격할인율( $\beta$ )	0.01 %
번들 사이즈(U)	50,000 kg
수송거리( $L_{ip}$ )	50 km
단위당 증량당 수송비용( $k_{ip}$ )	1 원
단위당 급송비용( $k'_{ip}$ )	2 원

<표 2>의 결과를 고찰해보면 다음과 같다.

① 안전재고를 지역분배센터에 통합 보유하는 경우 운영비용 및 안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터에 분산 보유하는 경우의 운영비용의 계산결과를 보면 95.5%에서 비용곡선변경이 시작된다.

<표 2> 안전재고의사결정을 위한 분석표

(단위 : 원)

구 분	안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터에 분산보유 할 경우 운영비용		
	90%	95%	99%
서비스 수준	90%	95%	99%
구매 비용	2,857,848	2,862,363	2,869,953
정규 수송비용	1,525,170	1,563,787	1,634,757
급송 비용	139,158	69,579	13,916
재고 유지비용	6,100,682	6,255,147	6,539,029
총비용	10,622,858	10,750,875	11,057,655

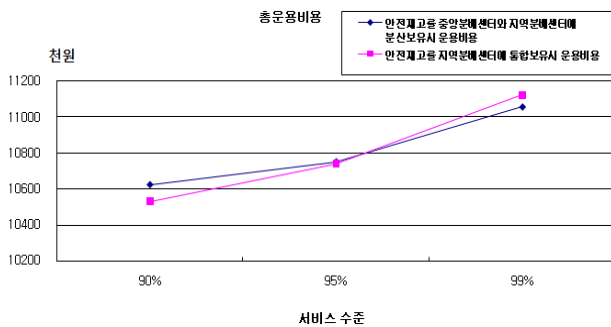
구 분	안전재고를 지역분배센터에 통합보유 할 경우 운영비용		
	90%	95%	99%
서비스 수준	90%	95%	99%
구매 비용	2,857,848	2,862,363	2,869,953
정규 수송비용	1,569,701	1,621,189	1,715,817
급송 비용	-	-	=
재고 유지비용	6,100,682	6,255,147	6,539,029
총비용	10,528,231	10,738,699	11,124,799

따라서, 본 모형을 적용할 경우 서비스 수준 95.5% 이하의 경우, 안전재고를 지역분배센터에 통합보유할 경우 비용면에서 유리하며, 서비스 수준 95.5% 이상일 경우 안전재고를 중앙분배센터와 지역분배센터에 분산하여 보유하는 경우가 총비용이 적다.

- ② 서비스 수준별 운영비용비교에서 95.5% 이상에서 서비스 수준이 증가 할수록 중앙분배센터와 지역분배센터에 안전재고를 분할하여 보유하는 경우보다 지역분배센터에 안전재고를 통합하여 관리하는 경우에 총운영비용의 격차는 커짐을 알 수 있다.

또한, 본 연구에서 제시한 수치 예를 통해 고찰한 결과 다음과 같은 장점이 기대된다.

- ① 서비스 수준 95.5% 이상에서 안전재고에 대한 보유정책은 중앙분배센터와 지역분배센터로 분할하여 관리하는 것보다 지역분배센터에서만 안전재고를 보유하여 관리하는 경우 총운영비용이 상대적으로 적다.
- ② 현실성을 고려한 가격할인하의 재고정책에서 구매비용, 수송비용 및 재고유지비용에 따른 규모의 경제로 인한 효과를 계속적으로 유지가능하다.



<그림 3> 운영비용 결과 그래프

## 5. 결론

본 연구에서 제시한 가격할인하 안전재고 합리화를 위한 분배시스템운영을 위한 연구는 완제품의 저장 및 분배를 목적으로 하는 물적 분배시스템에 대한 효율적 운영을 목적으로 개발된 알고리즘이다. 기존의 물적 분배시스템의 연구에 있어서 고려하지 않았던 서비스 수준별 안전재고의 효율적인 운영을 위한 운영방안에 대한 비교 분석을 통하여 물적 분배시스템 운영상의 비용 특성에 대한 모형의 개발 및 분석을 하였다.

대안별 모형에 대한 수치분석결과 서비스 수준 95.5%에서 비용곡선 변경이 시작된다. 따라서, 기업에서 목표로하는 서비스 수준 95.5% 이하의 경우 안전재고를 지역분배센터에 통합하여 보유할 때 운영비용 면에서 유리하며, 서비스 수준이 95.5% 이상이면 중앙분배센터와 지역분배센터에 분할하여 안전재고를 보유하는 것이 유리함을 도출하였다, 본 연구의 가격할인하 안전재고 합

리화를 위한 분배시스템 운영에 관한 연구를 통하여 대규모 분배 네트워크의 운용에 따른 제반 문제에 대한 보다 현실적인 접근을 가능케 하였으며, 기업에서 목표로 하는 서비스 수준별 물적 분배시스템의 운영과 관련된 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 대안별 의사결정에 대한 비교분석을 쉽게 적용할 수 있다.
- ③ 목표로 하는 서비스 수준에 따라 중앙분배센터의 기능을 축소하여 환적소 역할을 담당케 하여 분배센터 수를 감소시키거나 통폐합을 통한 물적 분배시스템의 운영비 절감의 효과를 거둘 수 있다.

## 참고문헌

- [1] 김병찬; “동일단계 공급을 고려한 물적분배시스템 운용에 관한 연구”, 경기대학교 석사학위논문, 1997.
- [2] 김병찬, 양대용; “재고통제 운용전략이 불적분배시스템 운영비용에 미치는 연구”, 한국컴퓨터 정보학회, 11(2) : 295-301, 2006.
- [3] 김병찬, 최진영; “가격할인하의 재고부족 허용에 관한 연구”, 한국산업시스템 학회, 24(65) : 155-163, 2001.
- [4] 김종상; “공급사슬경영의 유효성 입증을 위한 최적화 생산시스템의 시뮬레이션”, 한국컴퓨터 정보학회, 6(1) : 95-102, 2001.
- [5] 나가이 하야시; 재고파괴, 세종서적, 1998.
- [6] 박광현; 현대재고모형 분석, 명경사, 1998.
- [7] 오태환, 민계료; “선형증가수요를 갖는 <Ti, qi> 재고모형”, 한국군사운영분석학회지, 19(1) : 98-115, 1993.
- [8] 정철화 외 2인; “목적계획법을 이용한 최적 재고관리시스템에 관한 연구”, 한국산업경영시스템학회, 22(49) : 183-189, 1999.
- [9] Abad, P. L.; “Determining optimal selling price and lot size when the supplier offers all-unit quantity discounts,” Decision Sciences, 19 : 622-634, 1988.
- [10] A.K. Maity, K. Maity, M. Maiti; “A production - recycling-inventory system with imprecise holding costs,” Applied Mathematical Modelling, 32(11) : 2241-2253, 2008.
- [11] Bernhard Fleishmann; “Designing distribution systems with transport economics of scale,” European journal of Operation Research. 70 : 31-42, 1993.
- [12] Chung, K. J. M.; “A Theorem on the determination of eco-

- conomic order quantity under conditions of permissible delay in payments,” *Computers and Operations Research*, 25(1) : 49-52, 1998.
- [13] 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 : 2008.
- [14] David Boyce, Lars-Goran Mattsson; “Modeling residential location choice in relation to housing location and road tolls on congested urban highway networks” *Transportation Research, Part B*, 33 : 581-591, 1999.
- [15] G. Don Taylor et al.; “Determining inventory service support levels in multi-national companies,” *International Journal of Production Economics*, 116(1) : 1-11, 2008.
- [16] 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*, 24(6) : 539-574, 1997.
- [17] June Young Jung; “Integrated safety stock management for multi-stage supply chains under production capacity constraints,” *Computers and Chemical Engineering*, 32(11) : 2570-2581, 2008.
- [18] Ramakrishnan Ramanathan, “ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization,” *Computers and Operations Research*, 33(3) : 695-700, March 2006.