

재고통제 운용전략이 물적분배시스템 운용비용에 미치는 영향에 관한 연구

김 병 찬*, 양 대 용**

A Study on the operation cost of physical distribution system with operation strategy of inventory control

Kim, Phoung Chan *, Yang, Dae Yong **

요 약

분배시스템에서 완제품에 대한 재고통제 운용전략은 기업들에 있어 많은 관심의 대상이 되어 오고 있으며, 스케일 메리트(scale merit)기대를 위한 소중대량 취급방식은 고객 요구의 다양화로 더 이상 지속하기 힘들게 되었다. 이러한 환경변화에 대응하기 위하여 많은 기업들은 다양한 제품을 취급하는 추세에 있다. 그러나 기업이 고객 요구다양화에 부응하기에는 많은 비용이 소요된다. 게다가 잔여재고는 진부화 또는 불량재고가 되어 기업에 부담을 가중시킨다. 이러한 비효율적인 문제해결을 위하여 본 연구는 다중소량 취급 방식과 소중소량 취급 방식의 비용비교를 통하여 물류수송비용 및 재고비용 감소의 합리화를 도출 하였다.

Abstract

An operational strategy for inventory control on finished goods in the distribution system has been given attention to many enterprises and many studies regarding this field have been done and is also on-going currently. It handling large scale of smallness type are so the requisition of customer which is various that over it continues more full scale merit. therefore, It is a tendency that many of enterprise is handling small scale of smallness type for environment change confrontation. but It is not easy for the enterprise to In customer demand diversification suiting because too need many cost. In addition, at enterprise charge extra weight because remainder inventory is causes of defective stock for a inefficient problem solution. this paper is rationalization of stock cost decrease for comparison evaluation of small scale quantity handling of singleness type and small scale quantity handling of largeness type.

▶ Keyword : 스케일 메리트(scale merit), 재고운영비용(inventory operation cost), 분배시스템 (distribution system)

• 제1저자 : 김병찬
• 접수일 : 2006.02.10, 심사완료일 : 2006.05.17
* 경기대학교 산업공학과 박사과정, ** 수원과학대학 산업시스템 경영과 교수

I. 서론

우리나라에서 물류비용은 경쟁국들 보다 현저히 높은 비용을 부담하고 있다. 이와 같은 물류비를 부담하고는 무한경쟁시대의 세계화시대에 국가 경쟁력이나 기업경쟁력에서 걸림돌이 되고 있음은 자명하다. 이러한 이유로 하여 완제품에 대한 물적분배시스템(physical distribution system)의 설계는 중요한 전략 계획 문제로서 최근 들어 기업들에게 있어 특별한 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 분배 시스템에 대한 고려는 혼합 정수계획법을 이용한 분배 네트워크의 설계[1,6,7]와 분배시스템의 운영[2,5,8]이라는 두 가지 부문으로 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구들은 대규모 분배 네트워크를 정의된 기호를 통하여 하나의 통일된 수식으로 표현함으로써 분배 네트워크에 대한 시스템적 접근을 가능케 했다는 점에서는 높이 평가될 수 있으나, 현재의 도로망이나 분배창고를 위한 지가 상승 등으로 현실적 적용에 많은 문제점을 안고 있다. 또한 물적분배시스템과 관련하여 수송비용이나 재고유지비용 감소와 관련된 연구[2]나 수송비용과 재고유지비용의 상쇄(Trade-off)를 하여 최소비용의 물적분배시스템 운용에 관한 연구[1,2,5] 등이 이루어져 왔다. 하지만 이 또한 물적분배시스템의 제반 비용감소를 통한 경쟁력 향상 있어 한계를 안고 있는 것이 사실이다. 또한 과거에 소수의 제품을 대량 취급하던 스케일 메리트(scale merit)추구하던 방식은 고객 요구의 다양화로 더 이상 추구할 수 없게 되었다. 이러한 환경변화에 발맞추기 위하여 많은 기업들은 다수의 제품을 소량으로 취급하고 있는 추세이다. 그러나 기업이 고객요구의 다양화를 대응하기 위해서는 막대한 비용이 소요된다. 현재 도매업체의 재고를 조사해보면 판매 예측만으로 상품의 구색을 갖추어 다양한 제품을 취급하고 있는 경우가 허다하며, 실제로 수요와 일치하지 않고 불량재고를 발생시키는 경우가 빈번하다.

다중소량과 관련된 연구로는 다중소량과 관련된 분석 기법인 ABC분석법을 이용한 관리기법은 다양한 형태의 제품 취급 하에서 선형수리모형을 전개하여 총운영비용의 최적화를 전개[9]하는 연구들이 진행되었으나, 다중제품 취급으로 인한 잔여재고의 발생은 고려하지 않고 있다.

또한, 고객요구의 다양성 충족을 위한 매출구성상의 품목취급은 진부화재고, 불량재고, 불용재고 등 재고관련 코스

트를 증가시키는 요인이 되고 있다.

이러한 현실적 한계를 극복하기 위한 방안으로 다중 소량취급 시스템과 소중 소량 취급시스템을 비교평가 함으로써 물류의 수송비용 및 재고비용감소의 합리화를 위한 방안을 강구하고자 한다.

II. 문제분석 및 가정

본 연구는 중앙분배센터(Central Distribution Center ; CDC),와 지역분배센터(Regional Distribution Center ; RDC)를 연결하는 수송단계를 고찰해보고 특히, 본 연구의 고려대상인 중앙분배센터와 지역분배센터 사이의 부분품 형태의 조립품 수송비관계, 부분품 형태의 제품보관과 관련된 재고통제비용 관계 등의 물적분배시스템 운용비용을 검토 하였다.

본 연구에서 고려하는 중앙분배센터와 지역분배센터에 대한 팔릿(pallet) 형태의 제품 조달과정은 다음의 [그림1]과 같이 나타낼 수 있다.

note,
 CDC_i : 중앙분배센터
 where, i=1,2 ····1
 RDC_j : 지역분배센터
 where, j=1,2 ····m

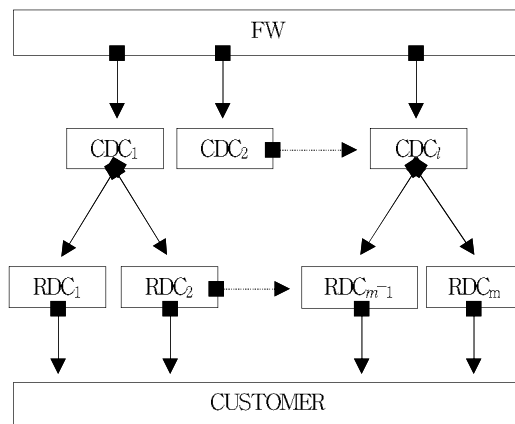
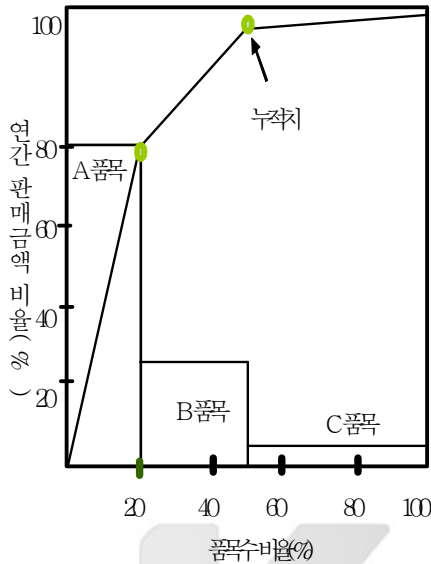


그림 1. 물적분배시스템 다이어그램
 Fig 1. physical distribution system diagram

다음의 [그림2]는 본 연구에서 소개하고자 하는 다품종 소량 생산 및 소품종 소량 생산을 비교평가하기 위한 자재 및 재고 ABC 분석도[그림2]와 매출의 ABC 분석도[그림3]를 표현한 것이다.



(a) 자재 ABC 개념도

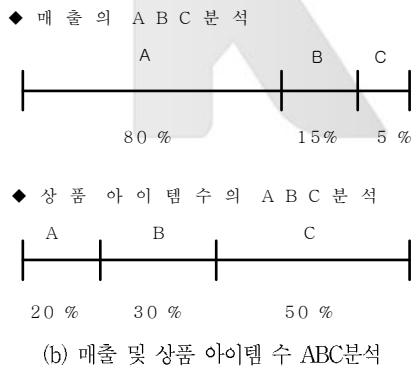


그림 2. 매출 및 아이템 ABC 분석
Fig 2. selling & item number analysis

매출 내용을 ABC 분석으로 조사해 보면 매출의 75 ~ 80%는 상위 18 ~ 20%의 상품으로 구성되어 있다. 즉 2대 8의 원칙이다. 이것들이 A 분류에 속하는 잘팔리는 상품이다. B분류에 들어가는 상품은 21~35% 정도이며, 45~50% 가 C 분류에 속하다. 구성면으로 살펴보면 매출의 15%가 B 분

류이며, 5%가 C분류다. 5%의 매출을 위해서 50%에 가까운 상품 아이템을 취급하고 있다는 말이다. 이러한 상황에서 재고를 살펴보면 팔리지 않는 상품(C분류)은 머지않아 진부화된다. 특히 오늘날과 같은 경영환경 속에서 재고를 보유하는 그 자체만으로도 많은 문제를 안고 있는 것이다.

이상의 본 연구에서 제시하고자 하는 소품종 소량 생산을 위한 매출과 상품 아이템 수의 ABC 분석내용을 다음과 같이 정리 할 수 있다.

- ① 매출의 80%는 상위 20% 상품으로 구성된다.
- ② 상위 인기 상품만이 빠르게 회전한다.
- ③ 재고를 보유하면 C 분류의 상품이 판매 잔여분이 된다
- ④ A 분류만 보유한다면 재고는 불필요하다.
- ⑤ A 분류는 리드타임(lead time)이 짧다.

따라서 본 연구에서는 고객의 요구다양성 충족으로 위한 다품종 소량을 취급하는 경우와 재고회전이 빠른 A 분류만을 보유한 소품종 소량을 취급하는 경우로 구분하여 기업의 물류 총비용을 비교 평가하여 현실적인 대안을 찾고자 한다.

III. 수식모형 및 해법

3.1 기호의 정의

본 연구에서 제시하고 있는 총비용 최소화 모형 전개에 사용되는 기호의 정의 및 계산 알고리즘은 다음과 같다.

Q_g = 정규공급 총 평균 수송량. 단, g 는 정규 공급 간격.

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{\text{발주간격}}$$

즉, 정규 재공급 회수를 나타낸다.

W_{ijp} = 중앙분배센터(CDC)에서 지역분배센터(RDC) 또는 RDC j 로의 품목당 평균 수송량.

L_{ijp} = 중앙분배센터(CDC)와 지역분배센터(RDC) 또는 RDC j 간의 수송거리.

TL_{ij} = 중앙분배센터(CDC)와 지역분배센터(RDC) 또는 RDC_j 간의 총평균 수송거리.

k = 단위당 수송비

N_{ijp} = 정규공급 채널에 의한 정규공급시 평균 수송비.

$H_j(x)$ = 지역분배센터 j지역에서의 재고유지비. x 는 지역분배센터에서의 재고량.

$H_{js}(x)$ = 지역분배센터 j지역에서의 잔여 재고량관련 재고유지비. x 는 지역분배센터에서의 재고량.

U_p = 품목 단위당 재고 유지비용.

n = 취급 품목의 종수

Q_{sj} = 단일 품목 취급시의 지역분배센터(RDC)의 잔여재고량

Q_{sj}^* = 복수 품목 취급시의 지역분배센터(RDC)의 잔여재고량

3.2. 정규공급 모형

정규 공급시 총평균 수송량은 다음 식(1)을 통하여 구하여진다.

정규공급 총평균 수송량은

$$Q_g = \frac{1}{g} \sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \dots\dots\dots (1)$$

정규 공급 총평균 수송거리는 다음 식(2)를 통하여 구하여진다.

중앙분 센터 i 와 지역분배센터 j 사이의 총평균 수송거리는

$$TL_{ij} = \frac{1}{g} \sum_i \sum_j L_{ij} \dots\dots\dots (2)$$

수요가 정규분포를 따르는 경우의 요구되는 서비스 수준별 안전재고량은 다음 식(3) 과 같다.

$$S_s = z \cdot \sigma_d \dots\dots\dots (3)$$

중앙분배센터와 지역분배센터간의 단위당 수송비용은

중앙분배센터와 지역분배센터 간에는 선형 수송비용을 가정한다. 따라서 이러한 수송환경을 고려한 수송비용은 다음 식(4)에 의하여 표현될 수 있다.

정규 공급시 평균 수송비는

$$N_{ijp} = \frac{1}{g} \left[\left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right] \times L_{ijp} \right] \times k \dots\dots\dots (4)$$

각 분배 센터에서의 재고유지비용은 다음 식(5),(6),(7)를 통하여 구하여진다.

지역분배센터에서 정규공급량 x 에 대한 재고유지비는 다음 식(5)와 같으며,

$$H_j(x) = \left[\sum_j \sum_p \left(S_{jp} + \frac{Q_{jp}}{2} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right] U_p \dots\dots\dots (5)$$

따라서 정규공급을 위한 총비용은 식 (1) , (2), (3), (4) ,(5)에 의하여 다음 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TC = \frac{1}{g} \left[\left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right] \times L_{ijp} \right] \times k \dots\dots\dots (6) + \left[\left(\sum_j \sum_p \left(S_{jp} + \frac{Q_{jp}}{2} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right) \right] U_p$$

3.3 소품종 소량취급 모형

고객요구의 다양성을 충족시키기 위한 매출 구성상의 재고는 고스란히 기업의 부담이 되고 있다. A, B, C 품목의 재고 중 상위인기 상품만이 빠르게 회전한다[3].

결국 A분류에 해당하는 품목만을 보유한다면 재고는 불필요하며, A 분류에 해당하는 품목은 리드타임이 짧다. 따라서 소품종 소량취급 모형을 전개 하고자 한다.

소품종 소량취급을 가정한 분배센터에서의 비용 산출에 관한 연구는 거리와 중량의 비용 함수식에 수송 율에 의한 수송비용이 추가되는 방식으로 연구가 수행되어져 왔다[5].

중앙분배센터와 지역분배센터간의 정규 공급 비용은 수송비와 재고 유지비로 나누어지며 수송비의 경우에는 중량, 거리 및 단위 중량당 수송비용으로 결정된다.[1,5]

소품종 소량 품목을 취급하는 경우 각 지역분배센터에서의 잔여재고 처리와 관련된 재고유지비 $H_{j's'p}$ 는,

$$H_{j's'p}(x) = \left[\sum_j \sum_{s'p} \left(S_{j's'p} + \frac{Q_{j's'p}}{2} \right) \right] \times U_p \dots\dots\dots (7)$$

으로 구할 수 있다.

따라서 소품종 소량 취급을 가정할 경우의 총비용은 식 (1), (2), (3), (4), (5),(6),(7) 에 의하여 다음 식(8) 과 같이 나타낼 수 있다.

소품종 소량 취급 가정하의 총운용비용은 다음 식을 통하여 구할 수 있다.

$$TC = \frac{1}{g} \left[\left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right] \times L_{ijp} \right] \times k \dots\dots\dots (8)$$

$$+ \left[\left(\sum_j \sum_p \left(S_{jp} + \frac{Q_{jp}}{2} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right) \times U_p \right]$$

$$+ \left[\sum_j \sum_p \left(S_{j's'p} + \frac{Q_{j's'p}}{2} \right) \right] \times U_p$$

3.4 다품종 소량취급 모형

고객요구의 다양성을 충족시키기 위한 매출구성상의 재고를 분석하기 위하여 다수의 기업들이 적용하고 있는 다품종 소량취급모형 전개는 다음과 같다

다품종 소량취급을 가정할 분배센터에서의 비용 산출에 관한 연구는 거리와 증량의 비용 함수식에 수송 율에 의한 수송비용이 추가되는 방식으로 연구가 수행되어져 왔다[1,5].

중앙분배센터와 지역분배센터간의 정규 공급 비용은 수송비와 재고 유지비로 나누어지며 수송비의 경우에는 증량, 거리 및 단위 증량당 수송비용으로 결정된다.

다품종 소량 품목을 취급하는 경우 각 지역분배센터에서의 잔여재고 처리와 관련된 재고유지비 $H_{j's'p}$ 는,

$$H_{j's'p}(x) = \left[\left[\sum_j \sum_{s'p} \left(S_{j's'p} + \frac{Q_{j's'p}}{2} \right) \right] \times n \right] \times U_p \dots\dots\dots (9)$$

으로 구할 수 있다.

따라서 다품종 소량 취급을 가정할 경우의 총비용은 식 (1), (2), (3), (4), (5), (6), (9) 에 의하여 다음 식 (10) 과 같이 나타낼 수 있다.

다품종 소량 취급 가정하의 총운용비용은 다음 식을 통하여 구할 수 있다.

$$TC = \frac{1}{g} \left[\left[\left(\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right] \times L_{ijp} \right] \times k \dots\dots\dots (10)$$

$$+ \left[\left(\sum_j \sum_p \left(S_{jp} + \frac{Q_{jp}}{2} \right) + \left(\frac{z \cdot \sigma_d}{2} \right) \right) \times U_p \right]$$

$$+ \left[\left[\sum_j \sum_p \left(S_{j's'p} + \frac{Q_{j's'p}}{2} \right) \right] \times n \right] \times U_p$$

IV. 운영비용 분석

4.1. 비용 분석시 고려사항

본 연구의 모형을 수행하는데 필요한 자료 수집은 전문화된 공장창고, 중앙분배센터, 지역분배센터(또는 환적소), 고객에 이르는 물적분배시스템 네트워크 분배망중 가상의 중앙분배센터와 복수의 지역분배센터 및 다수의 고객으로 연결되는 분배네트워크로 국한시켜 적용하였다.

본 연구에서 고려하는 물적분배시스템 기본 가정 하에서 비용분석은 매월 초 정규공급이 이루어져서 각 지역의 수요 특성에 의하여 지역분배센터에서 고객수요에 대응 후 제품 판매 잔고가 발생하는 경우 고객요구의 다양성 충족을 위한 다중 소량 취급방식과 고객의 요구 중 대다수를 차지하는 특정 소수의 제품만을 취급하는 소중 소량취급방식을 통한 기업 총비용의 비교평가를 위한 식(8) 다중소량 취급 가정하의 기업 총운용비용 계산식에 따라 비용분석 전개가 이루어지며 식(9)소중소량 취급 가정하의 비용분석을 통하여 기업운용비용 계산식에 따른 모형 전개에 대한 평가를 수행하였다.

4.2. 운영비용 분석결과

본 연구에서 다중소량 취급 및 소중소량 취급 가정하의 총비용 비교 및 평가를 하는데 있어서 실제 시스템과 같은 시뮬레이션 모형은 만들 수 없지만, 현실적으로 실제 시스템과 가장 근접하며 공급 상황을 동일하게 함으로써 두 상황의 효율적인 비교 및 시스템의 타당성을 입증할 수 있는 최적의 분배시스템 모형을 통한 비교분석을 하였다.

다중 소량 취급 및 소중 소량 취급 가정하의 물적분배시스템의 비교분석에 사용된 운영비용 및 해당운영비용의 특성은 다음과 같다.

정규공급시 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 품목당 총 수송량(Wijp)는 15,000kg, 중앙분배센터와 지역분배센터간의 수송거리(Lijp)는 30km, 공급지역은 각 3곳으로 한정하였다. 단위중량당 평균수송비의 경우는 수송량에 따라 각기 수송적재량이 다른 차량이 고려되어야 하지만 본 연구에는 거리 중량당 수송비를 계산하므로 단위중량당 수송비는 2원으로 가정하였다. 서비스 수준에 따른 평균 수송량 및 보유 중량의 경우 서비스 수준 90%은 5,192kg, 서비스 수준 95%의 평균중량은 5,247.5kg, 서비스 수준 99%의 평균중량은 5,350kg이다. 각 지역분배센터 에서의 단위중량당 재고유지비는 10원이다. 다음의 [표 4-1] 소중소량 취급 과 다중 소량 취급의 운영비용 비교는 수송비와 재고유지비용에 따른 총비용계산 결과이고, [그림 4-1]은 [표 4-1]을 그래프로 나타낸 것이다.

표 4-1. 운영비용 결과표
table 4-1. Result table of operation cost

(단위 : 원)

구 분	소중 소량 취급			다중 소량 취급		
	서비스 수준			서비스 수준		
	90 %	95 %	99 %	90 %	95 %	99 %
정규 수송비	934,560	944,550	962,910	934,560	944,550	962,910
정규 공급량의 재고 유지비	155,760	157,425	160,485	155,760	157,425	160,485
잔여 재고량의 재고 유지비	17,280	22,275	31,455	51,840	63,825	94,365
총비용	1107600	1124250	1154850	1142160	1168800	1217760

[표 4-1]의 결과를 고찰해보면 다음과 같다.

- ① 소중소량 취급 과 다중 소량취급의 계산결과를 보면 소중소량 취급 알고리즘을 적용했을 경우에 다중소량 취급 알고리즘의 경우보다 운용비용이 적음을 알 수 가 있다.
- ② 서비스 수준에 따른 소중소량 취급 가정하의 운영비용 분석 과 다중소량 취급 가정하의 운영비용 분석에 의한 정규수송비 , 정규공급량에 따른 재고유지비용은 동일하나, 본 연구에서 제안하고자 하는 잔여재고비용의 경우 지역분배에서의 다중 소량취급 가정하의 모형 과 소중소량 취급시의 모형 적용시의 잔여재고 유지 운영비용을 비교해볼 때 서비스 수준 90%의 경우 34,560원, 서비스 수준 95%의 경우 44,550원, 서비스 수준 99%의 경우 62,910원의 비용이 소중소량 취급 모형 적용시 절감됨을 알 수 있으며, 특히 서비스 수준이 증가함에 따라 소중소량 취급 가정하의 운영비용과 다중소량 가정하의 운영 비용 차이는 증가함을 알 수가 있다.

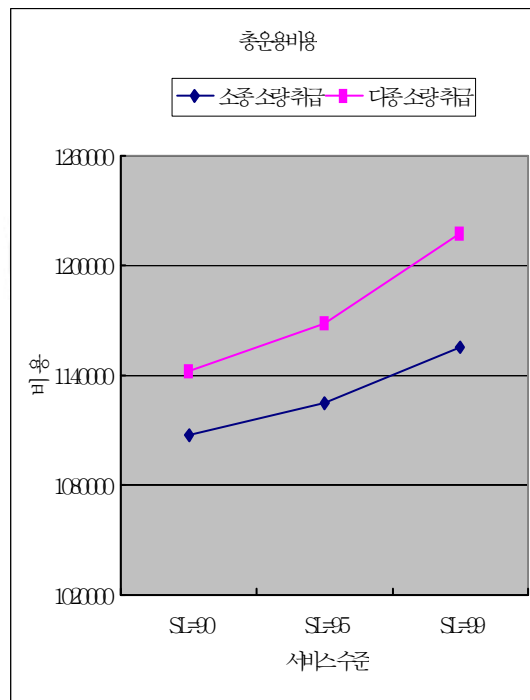


그림 4-2. 운영비용 그래프
Fig 4-2. Graph of operation cost

V. 결론

본 연구에서 제시한 고객요구의 다양성이 물적분배시스템에 미치는 영향과 관련된 총 운전비용 최소화 모형을 적용하여 고객요구 다양성에 부응하기 위하여 재고발생의 단점을 극복하기 위한 물적분배시스템에 대한 효율적 운영을 목적으로 개발하였다. 기존의 물적분배시스템의 운영에 있어서 문제가 되었던 잔여재고량의 특성을 분석 고려함으로써 대규모 분배 네트워크의 운용에 따른 제반 문제에 대한 보다 현실적인 접근을 가능케 하였으며, 네트워크의 수리적 표현 방식을 단순화 시키므로 기존 연구 방법들의 문제점 중 하나였던 적용상의 복잡성을 해결하였다. 또한 본 연구의 모형 개발 및 운영비용 분석 및 평가를 통한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- ① 소비자의 요구에 부응 하기위한 무리한 상품의 다양성은 결국 물적분배시스템의 비용증가 요인이 된다.
- ② 재고관리 기법 중의 하나인 ABC 또는 P-Q 분석에서 보이는 소비패턴을 분석하여 A 품목에 회사의 역량을 최대한 발휘하여 마케팅의 효율화를 기하는 동시에 재고증가의 원인이 되는 고객요구 다양화의 비효율성을 극복할 수 있다.
- ③ 소중소량 취급으로 잔여재고를 감소함으로써 불용자재화, 진부화 재고 등의 재고관리의 비효율을 감소시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] 김병찬, 동일단계 공급을 고려한 물적분배시스템 운영에 관한 연구, 경기대학교 석사학위논문, 1997.
- [2] 김종상, “공급사슬경영의 유효성 입증을 위한 최적화 생산시스템의 시뮬레이션“, 한국컴퓨터 정보학회, 제6권1호, pp.95-102, 2001.
- [3] 나가이 하야시, “재고과피“, 세종서적, 1998.
- [4] 박광현, “현대재고모형 분석“, 명경사, 1998.

- [5] 이내영, “동일수준 조달을 고려한 다단계분배시스템 운영에 관한 연구“, 한국컴퓨터정보학회, 제6권4호, pp.164-167, 2001
- [6] Bernhard Fleischmann, “Designing distribution systems with transport economics of scale“, European journal of Operation Research 70, 1993, pp. 31-42.
- [7] Chung, K. J. M, “A Theorem on the determination of economic order quantity under conditions of permissible delay in payments“, Computers and Operations Research, 25(1), pp.49-52, 1998.
- [8] 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, 1999, 581-591.
- [9] Ramakrishnan Ramanathan, “ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization“, Computers & Operations Research ,Volume 33, Issue 3, pp. 695-700 ,March 2005,

저자 소개



김 병 찬

1996년 2월 경기대학교 대학원
산업공학과 석사
1998년 ~ 현재 경기대학교
대학원 산업공학과 박사수료
<관심분야> SCM, 생산정보시스템



양 대 용

1992년 2월 숭실대학교 대학원
산업공학과 (공학박사)
1989년 ~ 현재 수원과학대학
산업시스템경영과 교수
<관심분야>물류관리, TPM,
생산정보시스템