

가변형 책·결상 설계를 통한 물류합리화에 관한 연구*

김 병 찬*·이 창 민**

A Study on the Rationalization of Logistics Based on the Design of Variable Desks and Chairs

Kim Byeongchan · Lee Changmin

〈Abstract〉

Uniform and integrated college desks and chairs have low efficiency of loading for transportation and delivery and low efficiency of storage for warehousing due to their simple uniform physical properties, thus increasing logistics costs for companies and decreasing their competitiveness.

In an effort to overcome the limitations of previous studies, this study analyzed the stages of logistics for desks and chairs in college lecture rooms via the transportation route including the factory warehouses and local warehouses and via the delivery route from local warehouses by the region to the orderers including college lecture rooms. The study developed a model for the rationalization of corporate logistics by making a variable folding desk and chair capable of distance adjustment according to height to replace the uniform and integrated college desks and chairs in lecture rooms.

A model was developed between the old uniform and integrated college desks and chairs and the new variable folding desks and chairs for three scenarios of cost development including product storage costs, transportation costs from the specialized factory warehouses to the local warehouses by the region, and delivery costs from the local warehouses to college lecture rooms as the orderer. For the generalization of the model, it was applied to each of the 90%, 95%, and 99% service levels.

Key Words : College Desk and Chair, Variable Design, Logistics Cost, Rationalization of Logistics

I. 서론

대학교에 제품을 공급하고 있는 기업들은 치열한 경쟁과 제품 제조에 소요되는 인건비, 원·부자재 등

에 대한 구매비용 상승 및 물류비용이 증가하는 상황에서 생존을 위한 큰 노력을 기울이고 있다. 그 결과 설계 및 제조공정을 획일화되고 일체화된 형태의 책·결상을 제조하고 있다.

그러나 획일화되고 일체화된 책·결상의 설계 및 제조는 제조원가 절감을 이룰 수 있으나 수·배송

* 제1저자 서일대학교 산업경영학과 조교수

** 서일대학교 산업경영학과

시 낮은 적재율 및 보관율은 물류관련 개선에 한계로 작용하여 수·배송비용, 보관비용 개선을 통한 기업 물류비용 절감을 위한 물류합리화에 걸림돌로 작용하고 있다.

또한 획일화되고 일체화된 책·결상의 물리적 특성 때문에 수·배송시 적재효율과 창고 보관시 보관효율이 낮아 기업의 물류비용이 높아지는 결과를 초래하고 결국 기업 경쟁력 저하의 원인으로 작용한다. 따라서 기업경쟁력 강화를 위한 물류정책 수립을 통하여 기업물류비용 합리화에 관한 연구가 필요하다.

김병찬[1]에 의하면 “기존의 물류 및 수·배송과 관련된 연구들은 정형화된 기호 및 수식 개발을 통하여 이론적 기업 물류정책을 현실에 적용할 수 있는 실용적 접근이 가능한 방법연구에 대한 기여”에 대하여 설명하고 있다.

그러나 백종관·김병찬[2]의 연구에서는 “기존의 기업물류비용 합리화 관련 연구들은 제품의 제조원가 및 관리 편의에 맞춘 제품의 설계를 전통적 방식으로 한정하고 있다. 또한 수·배송경로 및 물류 입지 중심으로 연구를 진행하고 있어 물류 거점 간 수·배송시 적재효율 및 물류센터의 보관효율 때문에 발생하는 물류비용의 증가요인에 대한 대응방안과 관련된 연구가 진행되지 않고 있어 현실적 적용에 여러 문제를 수반하고 있는” 점을 지적하고 있다.

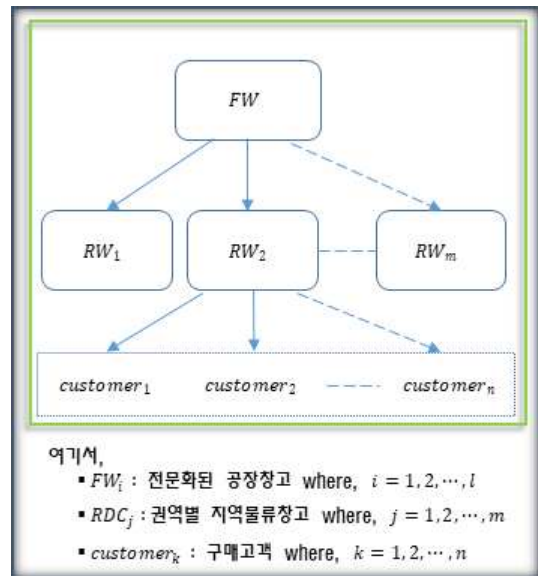
이러한 기존연구 한계를 벗어나기 위하여 본 연구에서는 대학교 강의실용 책·결상의 수송경로인 공장 창고, 권역별 지역 물류창고 및 배송경로인 권역별 지역 물류창고로부터 주문처인 대학교 강의실 간의 물류 단계를 고찰하였다.

제품의 보관 및 수·배송과 관련된 물류 단계 고찰을 통하여 획일화되고 일체화된 대학교 강의실 책·결상을 대체하는 접이식 형태의 가변형 설계 및 제조된 제품을 운용함으로써 첫째, 창고 보관을 향상 둘째, 수·배송 적재율을 향상 시킬 수 있는 기업물류비용 합리화 모형을 개발하였다.

II. 이론적 배경

2.1 가변형 책·결상 설계

본 연구는 대학교 강의실용 책·결상의 공급경로인 전문화된 공장창고(Factory Warehouse : FW), 권역별 물류창고(Regional Warehouse : RW)와 납품처 고객(Consumer)을 연결하는 창고 및 수송단계를 연구 범위로 한정하였다. 본 연구에서 고려하는 연구의 범위는 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 1> 연구의 범위

대학교 강의실용 책·결상 공급과 관련된 물류 흐름은 전문화된 공장 창고에서 권역별 지역물류창고로 제품을 수송하고 지역 물류창고에서 고객 주문에 대응하는 제품을 배송하는 형태로 납품처에 조달된다. 이때 공급되는 제품은 획일화된 일체형 형태의 책·결상 설계·제조 및 공급 프로세스를 수행한다.

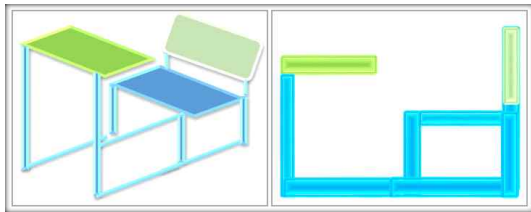
이러한 단순한 설계 및 제조는 단기적으로는 수·배송, 제품보관의 비효율로 물류비용 증가 요인이 되

고 장기적으로는 기업의 제품경쟁력이 낮아지게 되는 요인이 된다. 따라서 기업의 제품경쟁력 및 물류비용 절감을 위한 대처방안에 대한 수립이 요구된다.

강의실용 책·결상 제조 및 공급과정을 검토해 보면, <그림 2>, <그림 3>에서 보는 바와 같이 획일화되고 책상과 결상이 일체화된 제품으로 설계 및 제조하고 있다. 설계 및 제조비용은 절감할 수 있겠지만 전문화된 공장창고, 권역별 지역물류창고에서의 보관효율 및 차량적재율의 비효율을 초래하여 기업물류비용 합리화에 어려움을 초래하고 있다.



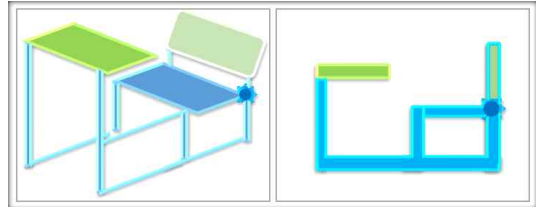
<그림 2> 강의실 사진



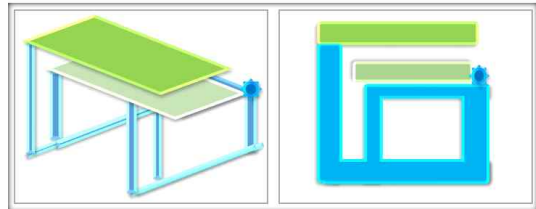
<그림 3> 강의실 책·결상 입면도

반면에 강의실에서 사용할 때는 <그림 4>와 같지만 등받이 연결부위에 조절레버를 장착하여 책·결상간의 거리조절이 가능하고 보관 및 수·배송시 접이식 형태로 변형할 수 있는 가변형 설계는 기업의 제품의 설계능력 향상과 고기능성의 고품질 제품을 지속적으로 시장에 출시할 수 있는 기술력 확보로 기업경쟁력 향상에 일조하게 된다. 특히, 전문화된 공장창고 및 권역별 지역 물류창고에 보관시 <그림 5>와 같이 접이식 형태로 보관함에 따라 보관효율 향상 효과를 이룰 수 있으며 접이식 형태로 공장창고에서 권역별 지역 물류창고로 수송할 때와 권역별 지역 물류

창고에서 납품처 대학교로 배송할 때 차량적재율을 증가시킬 수 있는 장점이 있다.



<그림 4> 강의실 책·결상 입면도



<그림 5> 보관 및 수·배송시 책·결상 입면도

본 연구에서는 기존의 획일화되고 고정된 책·결상의 제조 및 수·배송 대신 책·결상 간의 거리조절이 가능하고 접이식 형태의 보관 및 수·배송이 가능한 가변형 책상의 설계, 제조 및 수·배송을 통한 기업물류비용 절감을 위한 방안을 제시하였다.

2.2 선행연구

대학교 책·결상과 관련된 물류시스템의 기존연구는 학교용 책·결상의 표준과 보관 및 수·배송을 위한 물류시스템으로 구분할 수 있다.

물류시스템과 관련된 기존연구는 물류시스템 정책, 제품 수·배송, 물류입지 및 재고관리의 4가지 측면으로 연구가 진행되어왔다. 물류시스템 설계 및 정책과 관련된 연구로는 근거리 분할 물류운영에 관한 연구[1], 다단계수송을 통한 물류합리화 연구[2], 제품 크기 및 형태에 따른 분배시스템에 관한 연구[3], 공급사슬 기반 활동과 기업성과의 관련성에 관한 연구

[4]가 진행되었다.

제품의 수·배송 효율화와 관련된 물류시스템 운영에 관한 연구로는 물류시스템 의사결정 모형 개발 [5], 예약판매와 물류비용과의 관계에 관한 연구[6], 공급망의 계획수립 프로세스 연구[7], Venture SMEs를 위한 공급망 연구[8] 등이 진행되어 왔다.

물류입지에 대한 연구로는 물류거점 평가시스템 개발[9], GIS와 AHP를 활용한 물류센터 입지선정 연구[10], 물류거점 입지여건에 대한 분석[11], 도매물류센터의 경쟁력강화 방안[12] 등에 대한 연구가 진행되었다.

물류시스템의 재고관리 측면에 대한 연구로는 실시간 재고관리시스템 설계 및 구현[13], 전통적 재고관리 모형의 유용성 국·내외 비교[14], 재고자산 보유수준이 경영성과에 미치는 영향[15], OpenCV기반 재고관리 시스템 설계 및 구현[16], 소비자 인식에 관한 연구[17] 등의 연구가 활발하게 진행되어오고 있다.

마지막으로 학교용 책·결상과 관련된 연구로는 초·중·고등학교의 학교환경 및 책결상에 대한 인간공학적 연구[18], 인간공학적 설계원리에 입각한 강의실용 일체형 책결상 개발[19], 청소년 책결상에 사용에 관한 연구[20], 한국산업규격 학생용 책·결상 가이드라인에 대한 연구[21] 등이 진행되어오고 있다.

이상의 기존 선행연구를 정리하면 <표 1>과 같다.

III. 연구방법

본 연구에서 적용하는 수식모형전개와 관련된 기호는 다음과 같다.

TC_f = 획일화되고 일체화된 강의실용 책·결상 운용시 총 평균 물류비용

TC^v = 접이식 형태의 가변형 책·결상 운용시 총 평균 물류비용

<표 1> 선행연구

구분	연구내용	
물류시스템	물류시스템 설계 및 정책	[1] 김병찬, 2016. [2] 백종관·김병찬, 2017. [3] Randall M, 2010. [4] 최혜윤·신정철·이동명, 2010.
	수·배송	[5] 김병찬, 2008. [6] 김병찬, 2015. [7] 송재길·송상화, 2016. [8] Lee,Dong-myung·Ku,Bon-Chul, 2013.
	물류입지	[9] 전영호·최형주, 2014. [10] 박정상, 2019. [11] 임영태·임현우, 2016. [12] 정지철·박주영, 2015.
	재고관리	[13] 김정아, 2019. [14] 박승재, 2017. [15] 성현정, 2017. [16] 장수환·정종필, 2019. [17] 김형준, 2014
강요실용 책·결상	[18] 김철홍·문명국·장안석, 2006. [19] 이동춘, 2002. [20] 문제호, 1998. [21] 민창기, 2007.	

C_{ijkp}^v = 획일화되고 일체화된 강의실용 책·결상 운용시 평균 수송비용

C_{ijkp}^v = 접이식 형태의 가변형 책·결상 운용시 평균 수송비용

H_{ijp}^f = 획일화되고 일체화된 강의실용 책·결상 운용시 평균 재고비용

H_{ijp}^v = 접이식 형태의 가변형 책·결상 운용시 평균 재고비용

N_{ijp}^f = 품목 p^f 에 대하여 공장창고 i 에서 지역창고 j 로의 수송횟수

N_{jkp}^f = 품목 p^f 에 대하여 지역창고 j 에서 주문처 k 로의 배송횟수

N_{ijp}^v = 품목 p^v 에 대하여 공장창고 i 에서 지역창고 j 로의 수송횟수

N_{jkp}^v = 품목 p^v 에 대하여 지역창고 j 에서 주문처 k 로의 배송횟수

Q_{ijp}^f = 품목 p^f 에 대하여 공장창고 i 에서 지역창

- 고 j 로의 수송량
- Q_{jkp^f} = 품목 p^f 에 대하여 지역창고 j 에서 주문처 k 로의 배송량
- Q_{ijp^v} = 품목 p^v 에 대하여 공장창고 i 에서 지역창고 j 로의 수송량
- Q_{jkp^v} = 품목 p^v 에 대하여 지역창고 j 에서 주문처 k 로의 배송량
- O_{ijp^f} = 품목 p^f 에 대하여 공장창고 i 에서 지역창고 j 로의 1회 수송량
- O_{jkp^f} = 품목 p^f 에 대하여 지역창고 j 에서 주문처 k 로의 1회 배송량
- O_{ijp^v} = 품목 p^v 에 대하여 공장창고 i 에서 지역창고 j 로의 1회 수송량
- O_{jkp^v} = 품목 p^v 에 대하여 지역창고 j 에서 주문처 k 로의 1회 배송량
- p^f = 획일화되고 일체화된 대학교 강의실용 책·결상 품목
- p^v = 접이식 형태의 가변형 책·결상 품목
- δ_{p^f} = 품목 p^f 의 δ 톤수 차량 당 적재효율
- δ_{p^v} = 품목 p^v 의 δ 톤수 차량 당 적재효율
- $A_{\delta_{p^f}}$ = 품목 p^f 에 대한 δ 톤수 차량 당 적재율에 따른 수송요율
- $A_{\delta_{p^v}}$ = 품목 p^v 에 대한 δ 톤수 차량 당 적재율에 따른 수송요율

3.1 일체화된 형태의 제품 물류운영

기존의 획일화되고 일체화된 형태로 설계 및 제조된 대학교 책·결상은 <그림 2>, <그림 3> 형태로 제조되어 전문화된 공장 창고로 옮겨지며, 권역별 지역 물류창고에 보관되고 고객 주문에 부응하여 대학교 강의실로 배송하는 물류시스템의 수식모형 및 계산 절차는 다음과 같이 전개된다.

3.1.1 제품 수·배송비용

대학교 책·결상은 주문이 발생하면 전문화된 공장 창고에서 권역별 지역창고로 수송이 이루어지며, 해당 권역별 지역 물류창고로부터 주문처인 대학교 강의실로 배송이 이루어진다.

수·배송되는 책·결상은 <그림 2>, <그림 3> 형태로 획일화되고 일체화된 형태로 보통 kg 단위로 취급된다. 구입처로부터 책·결상 p^f 에 대한 주문이 발생하면 전문화된 공장 창고 i 로부터 해당 권역 지역 물류창고 j 로 수송되며 이때 수송량은 Q_{ijp^f} 이며, 해당 권역 지역 물류창고 j 로부터 주문처인 대학교 강의실 k 로의 배송량은 Q_{jkp^f} 이다. 획일화되고 일체화된 책·결상 p^f 에 대하여 전문화된 공장 창고 i 로부터 각 거점별 지역 물류창고 j 수송횟수(N_{ijp^f})는 식(1)과 같이 계산되며, 거점별 지역 물류창고 j 로부터 주문처인 각 대학교 강의실 k 로의 수송횟수는 식(2)와 같이 계산된다.

O_{ijp^f} 은 획일화되고 일체화된 제품 p^f 에 대하여 공장창고 i 로부터 해당 거점 지역창고 j 간의 1회 수송량을 의미하며, O_{jkp^f} 은 해당 거점 지역 물류창고 k 로부터 주문처 k 로의 1회 배송량을 의미한다.(단, δ_{p^f} 는 책·결상 품목 p^f 의 δ 톤수 차량 당 적재효율 임).

$$N_{ijp^f} = \sum_i \sum_j \sum_{p^f} \left(\frac{Q_{ijp^f}}{O_{ijp^f} \times \delta_{p^f}} \right) \text{-----} (1)$$

$$N_{jkp^f} = \sum_j \sum_k \sum_{p^f} \left(\frac{Q_{jkp^f}}{O_{jkp^f} \times \delta_{p^f}} \right) \text{-----} (2)$$

따라서 획일화되고 일체화된 대학교 강의실용 책·결상 p^f 에 대하여 전문화된 공장 창고 i 로부터 각 거점별 지역 물류창고 j 를 거쳐 주문처인 대학교 강의실 k 로의 수·배송시 평균 수송비용(C_{ijkp^f})은 식(3)과 같이 표현할 수 있다. 단, $A_{\delta_{p^f}}$ 는 δ 톤수 차량 당 적재율에 따른 수송요율을 의미한다.

$$C_{ijkp^f} = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_{p^f} \left[\left(\frac{Q_{ijp^f}}{O_{ijp^f} \cdot \delta_{p^f}} \right) + \left(\frac{Q_{jkp^f}}{O_{jkp^f} \cdot \delta_{p^f}} \right) \right] \times \Lambda_{\delta_{p^f}} \dots\dots (3)$$

$$H_{ijp^f} = \sum_i \sum_j \sum_{p^f} \left[\left(\frac{Q_{ijp^f}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + \left(\frac{Q_{ijp^f}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + (z \cdot \sigma_d) \right] \times \Omega_{\psi} \dots\dots\dots (6)$$

3.1.2 제품 보관비용

확일화되고 일체화된 대학교 강의실용 책·결상을 제조공장에서 생산한 후 생산 완료된 책·결상 품목 p^f 는 전문화된 공장 창고 i 및 각 거점별 지역 물류창고에 보관을 하게 된다. 이와 관련된 재고비용은 다음과 같다.

요구되는 서비스 수준에 의한 보유량 및 안전재고량을 전문화된 공장 창고 및 각 거점별 지역 물류창고에서 보유하는 경우 확일화되고 일체화된 대학교 강의실용 책·결상 품목 p^f 에 대하여 전문화된 공장 창고 i 에서의 재고유지비용은 식(4)와 같으며, 거점별 지역 물류창고 j 에서의 재고유지비용은 식(5)로 와 같이 계산된다. 단, $\gamma_{\psi_{p^f}}$ 는 확일화되고 일체화된 대학교 강의실용 책·결상 품목 p^f 에 대한 ψ 면적당 보관 효율이며, Ω_{ψ} 는 ψ 면적당 보관 효율을 의미한다.

$$H_{ip^f} = \sum_i \sum_{p^f} \left[\left(\frac{Q_{ip^f}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + (z \cdot \sigma_d) \right] \times \Omega_{\psi} \dots\dots\dots (4)$$

$$H_{jp^f} = \sum_j \sum_{p^f} \left[\left(\frac{Q_{jp^f}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + (z \cdot \sigma_d) \right] \times \Omega_{\psi} \dots\dots\dots (5)$$

요구되는 서비스 수준의 재고량을 전문화된 공장 창고와 지역창고에서 보유하는 경우 총 평균 재고유지비용은 식(4), 식(5)에 의하여 다음 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

따라서 기존의 확일화되고 일체화된 대학교 강의실용 책·결상을 공급할 때 전문화된 공장 창고 i 에서 해당 거점 지역 물류센터를 거쳐 공급처인 대학교 강의실 k 로의 물류 총 비용(TC^f)은 식(3), 식(6)에 의하여 다음의 식(7)과 같이 계산된다.

$$TC_f = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_{p^f} \left[\left(\frac{Q_{ijp^f}}{O_{ijp^f} \cdot \delta_{p^f}} \right) + \left(\frac{Q_{jkp^f}}{O_{jkp^f} \cdot \delta_{p^f}} \right) \right] \times \Lambda_{\delta_{p^f}} \dots\dots\dots (7)$$

$$+ \sum_i \sum_j \sum_{p^f} \left[\left(\frac{Q_{ip^f}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + \left(\frac{Q_{jp^f}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + (z \cdot \sigma_d) \right] \times \Omega_{\psi}$$

3.2 접이식 형태의 가변형 제품 물류운영

본 연구에서 제시하고 있는 접이식 형태의 가변형 책·결상은 평소 사용할 때는 펼쳐진 형태 <그림 4>이지만, 보관 및 수·배송시에는 접이식 형태로 물류 활동이 전개된다<그림 5>. 접이식 형태로 제조 완료된 제품은 전문화된 공장 창고로 옮겨져 보관하며 각 권역별 지역 물류창고에 보관되고 고객 주문에 대응하는 형태의 물류시스템 수식모형 및 계산절차는 다음과 같이 전개된다.

3.2.1 제품 수·배송비용

고객 주문에 대응하기 위하여 수·배송되는 책·결상은 <그림 5> 형태로 책상과 결상의 거리를 조절할 수 있으며, 접이식 형태로 보통 kg 단위로 취급된다. 구입처로부터 책·결상 p^v 에 대한 주문이 발생하면 전문화된 공장 창고 i 로부터 해당 권역 지역 물류창고 j 로 수송되며 이때 수송량은 Q_{ijp^v} 이며, 해당 권역 지역창고 j 로부터 주문처인 대학교 강의실 k 로의 배송량은 Q_{jkp^v} 이다. 접이식 형태의 가변형 책·결상 p^v 에 대하여 전문화된 공장 창고 i 로부터 각 거점별 지역 물류창고 j 로의 수송횟수(N_{ijp^v})는 식(8)과 같이 계산되며, 거점별 지역 물류창고 j 로부터 주문처인 각 대학교 강의실 k 로의 수송횟수(N_{jkp^v})는 식(9)와 같이 계산된다.

이때 O_{ijp^v} 는 접이식 형태의 가변형 책·결상 품목 p^v 에 대하여 공장 창고 i 로부터 해당 거점 지역 물류창고 j 간의 1회 수송량을 의미하며, O_{jkp^v} 은 품목 p^v 에 대하여 해당 거점 지역 물류창고 k 로부터 주문처 k 로의 1회 수송량을 의미한다. (단, δ_{p^v} 는 책·결상 p^v 의 δ 톤수 차량 당 적재효율임).

$$N_{ijp^v} = \sum_i \sum_j \sum_{p^v} \left(\frac{Q_{ijp^v}}{O_{ijp^v} \times \delta_{p^v}} \right) \text{-----} (8)$$

$$N_{jkp^v} = \sum_j \sum_k \sum_{p^v} \left(\frac{Q_{jkp^v}}{O_{jkp^v} \times \delta_{p^v}} \right) \text{-----} (9)$$

따라서 접이식 형태의 가변형 책·결상 p^v 에 대하여 전문화된 공장 창고 i 로부터 각 거점별 지역 물류센터 j 를 거쳐 주문처인 대학교 강의실 k 로의 수·배송시 평균 수송비용(C_{ijkp^v})은 식(10)과 같이 표현할 수 있다. 단, $A_{\delta_{p^v}}$ 는 품목 p^v 에 대하여 δ 톤수 차량 당 적재율에 따른 수송요율을 의미한다.

$$C_{ijkp^v} = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_{p^v} \left[\left(\frac{Q_{ijp^v}}{O_{ijp^v} \cdot \delta_{p^v}} \right) + \left(\frac{Q_{jkp^v}}{O_{jkp^v} \cdot \delta_{p^v}} \right) \right] \times A_{\delta_{p^v}} \text{-----} (10)$$

3.2.2 제품 보관비용

접이식 형태의 가변형 책·결상을 제조공장에서 생산한 후 생산 완료된 책·결상 품목 p^v 는 전문화된 공장 창고 i 및 각 거점별 지역 물류창고에 보관을 하게 된다. 이와 관련된 재고 관련 비용은 다음과 같다.

요구되는 서비스 수준에 의한 보유량 및 안전재고량을 전문화된 공장 창고 i 및 각 거점별 지역 물류창고 j 에서 보유하는 경우 접이식 형태의 가변형 책·결상 품목 p^v 에 대하여 전문화된 공장 창고 i 에서의 재고유지비용은 식(11)과 거점별 지역 물류창고 j 에서의 재고유지비용은 식(12)로 구분하여 나타내면 다음과 같다. 단, $\gamma_{\psi p^v}$ 는 접이식 형태의 가변형 책·결상 품목 p^v 에 대한 ψ 면적당 보관 효율을 말하며, Ω_{ψ} 는 ψ 면적당 보관요율을 의미한다.

$$H_{ip^v} = \sum_i \sum_{p^v} \left[\left(\frac{Q_{ip^v}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + (z \cdot \sigma_d) \right] \times \Omega_{\psi} \text{-----} (11)$$

$$H_{jp^v} = \sum_j \sum_{p^v} \left[\left(\frac{Q_{jp^v}}{2} \cdot \gamma_{\psi} \right) + (z \cdot \sigma_d) \right] \times \Omega_{\psi} \text{-----} (12)$$

요구되는 서비스 수준의 재고량을 공장 창고 i 와 지역 물류창고 j 에서 보유하는 경우 총 평균 재고유지비용은 식(11), 식(12)에 의하여 다음 식(13)과 같이 표현할 수 있다.

$$H_{ijp^v} = \sum_i \sum_j \sum_{p^v} \left[\begin{array}{c} \left(\frac{Q_{ip^v}}{2} \cdot \gamma_\psi \right) \\ + \left(\frac{Q_{jp^v}}{2} \cdot \gamma_\psi \right) \\ + (z \cdot \sigma_d) \end{array} \right] \times \Omega_\psi \text{----- (13)}$$

따라서 접이식 형태의 가변형 책·결상 품목 p^v 를 공급할 때 전문화된 공장 창고 i 로부터 권역별 지역 물류창고 j 를 거쳐 공급처인 대학교 강의실 k 로의 물류활동과 관련된 물류 총비용(TC_v)은 식(10), 식(13)에 의하여 다음의 식(14)와 같이 계산된다.

$$TC_v = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_{p^v} \left[\begin{array}{c} \left(\frac{Q_{ijp^v}}{O_{ijp^v} \cdot \delta_{p^v}} \right) \\ + \left(\frac{Q_{jkp^v}}{O_{jkp^v} \cdot \delta_{p^v}} \right) \end{array} \right] \times A_{\delta_{p^v}} \text{----- (14)}$$

$$+ \sum_i \sum_j \sum_{p^v} \left[\begin{array}{c} \left(\frac{Q_{ip^v}}{2} \cdot \gamma_\psi \right) \\ + \left(\frac{Q_{jp^v}}{2} \cdot \gamma_\psi \right) \\ + (z \cdot \sigma_d) \end{array} \right] \times \Omega_\psi$$

IV. 모형적용 사례분석

4.1 대안별 운영비용 적용

대학교 강의실 수·배송 관련 물류시스템에서 기존 획일화되고 일체화된 형태의 책·결상을 운영하는 경우와 접이식 형태의 가변형 책·결상을 운영하는 경우로 구분하여 보관 및 수·배송시 물류비용 분석에 실제 시스템과 완벽하게 일치하는 모형은 적용

하기 어렵다. 그러나 대학교 강의실 책·결상 수·배송과 가장 유사 설정하고 비교 대안에 대한 상황 등을 동일하게 적용함으로써 본 연구에서 제시하고 있는 모형의 타당성을 입증하였다.

본 연구에서 개발한 모형의 타당성을 입증하기 위하여 적용된 수치 및 특성은 <표 2>와 같다.

<표 2> 분석을 위한 기본 정보

항목	적용수치
연간 공급량	270,000 kg
수송을 위한 운용차량 톤 수	11 ton
배송을 위한 운용차량 톤 수	5 ton
공장창고(FW) i 의 재고유지비용	1,000 원 / 30kg
지역 물류창고(RW) j 의 재고유지비용	10,000 원 / 30kg
공장창고 i 로부터 지역 물류창고 j 로의 1회 수송량(O_{ij})	66개 / 11 ton
지역창고 j 로부터 공급처인 대학교 강의실 k 로의 1회 수송량(O_{jk})	30개 / 5 ton
공장창고 i 로부터 지역창고 j 로의 1회 수송비용	70만원 / 11 ton
지역창고 j 로부터 공급처인 대학교 k 로의 1회 배송비용	50만원 / 5 ton
접이식 형태의 가변형 책·결상 품목 p^v 대비 일체형 책·결상 품목 p^f 의 보관효율(δ)	70 %
접이식 형태의 가변형 책·결상 품목 p^v 대비 일체형 책·결상 품목 p^f 의 수·배송시 차량 적재효율(ψ)	70 %

의 수송비는 회당 50만원을 가정하여 적용하였다. 또한 일체형 형태의 책·결상 <그림 2>, <그림 3>과 접이식 형태의 가변형 책상 <그림 4>, <그림 5>의 물리적 특성에 따른 창고 보관효율과 차량 적재효율은 30%의 차이가 발생할 것으로 가정하여 적용하였다.

4.2 운용비용 분석

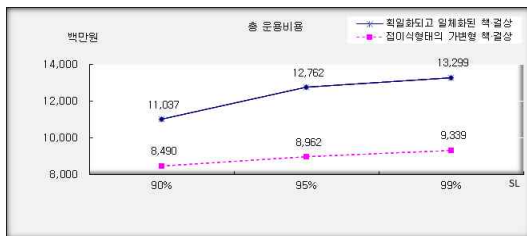
두 가지 대안을 비교·분석하기 위하여 <표 2>를 기본 정보로 하여 식(7)과 식(14)에 의하여 대안별 물

류비용을 계산한 결과는 <표 3>과 같은 결과를 얻었다. 또한 <그림 6>은 <표 3>을 종합한 결과를 그림으로 나타낸 것이다.

<표 3> 대안별 운용비용 비교

(단위 : 원)

서비스 수준	구분	일체형 책·결상	가변형 책·결상
90%	수송비용	3,350,454,545	2,577,272,727
	배송비용	4,212,000,000	3,240,000,000
	재고유지비용	3,474,900,000	2,673,000,000
	소계	7,562,454,545	5,817,272,727
95%	수송비용	3,536,590,909	2,720,454,545
	배송비용	5,557,500,000	3,420,000,000
	재고유지비용	3,667,950,000	2,821,500,000
	소계	16,656,545,454	11,957,727,272
99%	수송비용	3,685,500,000	2,835,000,000
	배송비용	5,791,500,000	3,564,000,000
	재고유지비용	3,822,390,000	2,940,300,000
	소계	26,133,545,454	18,356,727,272



<그림 9> 서비스 수준별 두 대안별 물류비용 비교

대학교 강의실용 책·결상의 수·배송 관련 물류비용 비교에서 기존의 획일화되고 일체화된 책·결상을 운용하는 경우와 접이식 형태의 가변형 책·결상을 통한 물류정책을 운용하는 방안에 대한 물류비용 분석을 위해 서비스 수준을 90%, 95%, 99%로 나누어 식(7)과 식(14)를 적용하였으며, 동일 기준 및 변수를 적용한 결과에 대한 서비스 수준별, 구분항목별 분석결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

서비스 수준 90%에서 접이식 형태의 가변형 책·

결상을 운용할 때 일체화된 형태의 책·결상을 운용하는 경우보다 수송비용은 773,191,818원, 배송비용은 872,000,000원, 재고유지비용은 801,900,000원이 절감된다.

서비스 수준 95%에서 접이식 형태의 가변형 책·결상 운용할 때 일체화된 형태 책·결상을 운용에 비하여 수송비용은 816,136,364원, 배송비용은 2,137,500,000원, 재고유지비용은 846,450,000원이 절감됨을 볼 수 있다.

서비스 수준 99%에서 접이식 형태의 가변형 책·결상 운용할 때 일체화된 형태의 책·결상을 운용할 때보다 수송비용은 773,191,818원, 배송비용은 4,212,000,000원, 재고유지비용은 3,474,900원이 감소한다.

두 가지 대안에 대한 연평균 총 물류비용의 차이는 서비스 수준 90%에서 2,547,081,818원, 서비스 수준 95%에서 3,800,086,364원, 서비스 수준 99%에서 3,960,090,000원으로 계산됐다. 이러한 두 가지 대안의 물류비용의 차이는 결국 제품의 보관효율 및 수·배송시 적재율이 원인이 되어 나타난 결과이다.

이상의 결과에서 기존 획일화되고 일체화된 형태의 책·결상을 취급할 때보다 본 연구에서 제시하고 있는 접이식 형태의 가변형 책·결상을 운영할 때 기업물류비용이 절감됨을 볼 수 있으며, [표4-2] 및 [그림 4-1]에서 보는 바와 같이 서비스 수준이 증가할수록 본 연구에서 제시하고 있는 접이식 형태의 가변형 책·결상을 취급할 때 비용 절감 폭이 커짐을 볼 수 있다.

V. 결론

획일화되고 일체화된 대학교 책·결상은 획일화되고 단순한 물리적 특성으로 인하여 수·배송시 적재효율과 보관시 보관효율이 낮아 기업물류비용이 높

아지는 결과를 초래하고 이는 기업경쟁력 감소의 원인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 연구의 한계를 극복하기 위하여 대학교 강의실용 책·결상 수송경로인 공장 창고, 지역 물류창고와 배송경로인 권역별 지역 물류창고로부터 주문처인 대학교 강의실 간의 물류 단계를 분석하였다, 획일화되고 일체화된 형태의 대학교 강의실 책·결상을 대신하여 신장에 맞추어 거리조절이 가능한 접이식 형태의 가변형 책·결상 제조를 통한 기업물류 합리화를 위한 모형을 개발하였다.

모형개발은 기존 획일화되고 일체화된 형태의 대학교 강의실용 책·결상을 활용하는 경우와 접이식 형태의 가변형 책·결상을 활용하는 경우로 구분하여 제품 보관비용, 전문화된 공장 창고로부터 권역별 지역 물류창고로의 수송비용, 지역 물류창고로부터 주문처인 대학교 강의실로의 배송비용의 3가지 비용 전개와 관련된 모형을 개발하였다. 또한, 모형의 일반화를 위하여 서비스 수준 90%, 95% 및 99%로 구분하여 각 서비스 수준에 맞춘 모형을 적용하였다.

대안별로 개발된 모형에 대한 수치 적용 및 분석결과 기존의 획일화되고 일체화된 형태의 책·결상을 취급할 경우와 비교하여 본 연구에서 제시한 접이식 형태의 가변형 책·결상을 운영할 경우에 기업물류 비용이 절감되었다. 특히, 서비스 수준이 증가할수록 본 연구에서 제시하고 있는 접이식 형태의 가변형 책·결상을 취급할 때 비용 절감 폭이 증가함을 확인하였다.

기존의 물류시스템의 수리적 표현 방식을 단순화시켜 선행 연구방법들의 한계로 작용하던 적용상의 복잡성을 해결하였으며, 물류시스템의 수·배송 운영과 관련하여 문제가 되었던 제품설계 형태특성을 분석하고 고려함으로써 물류합리화에 걸림돌로 작용하던 보관 및 수·배송비용을 절감할 수 있는 토대를 마련하였다.

또한 본 연구에서는 제품설계 형태를 통한 효율화만을 고려하여 제품사용자들의 만족도 및 관리주체인 대학교 입장에서의 관리 효율성을 고려하지 못한 점은 한계로 지적할 수 있다.

본 연구를 활용하면 다음과 같은 장점이 기대된다.

첫째, 개인 차이가 큰 다양한 학생들의 신체에 맞추어 책·결상을 조절할 수 있어 신체의 피로도가 감소 되는 등 불만족 요소를 제거함으로써 대학교의 평판, 인지도가 향상되고 이에 따라 신입생 충원을 및 재학생 이탈률을 감소시켜 대학교 경쟁력이 향상될 것으로 기대된다.

둘째, 주문에 대응하는 공급자의 경우 접이식 형태의 가변형 책상의 물리적 특성으로 보관 및 수·배송 비용 절감을 통한 물류 합리화를 이룰 뿐만 아니라 소비자에 부응하는 설계 및 제조능력의 확보로 고품질의 제품을 공급할 수 있어 지속 가능 경영이 가능하게 될 것으로 기대된다.

추후 연구과제로서 본 연구에서 적용하고 있는 접이식 형태의 가변형 제품을 타 부문의 제품으로 확장시키고, 권역별 공동배송을 통한 공차율 감소와 관련된 선진화된 기업물류시스템에 관한 연구를 진행하고자 한다.

참고문헌

- [1] 김병찬, "경매를 활용한 근거리 분할 물류운영이 물류비용에 미치는 영향에 관한 연구," 디지털산업정보학회 논문지, 제12권 제3호, 2016, pp.299-309.
- [2] 백종관·김병찬, "다단계 수송을 통한 물류합리화에 관한 연구 : 신선식품 위주로," 정보기술아키텍처 연구, 제4권 제3호, 2017, pp.265-275.
- [3] Randall M. German, "Coarsening in Sintering: Grain Shape Distribution, Grain Size

- Distribution, and Grain Growth Kinetics in Solid-Pore Systems," *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 35(4), 2010, pp.263-305.
- [4] 최혜윤 · 신정철 · 이동명, "공급사슬기반활동이 기업성과에 미치는 영향," *한국경영공학회지*, 제 21권 제1호, 2016, pp.23-38.
- [5] 김병찬, "복합적 운영방안을 고려한 물류시스템 의사결정 모형 개발," *경기대학교 박사학위논문*, 2008.
- [6] 김병찬, "계절상품의 사전 예약판매가 물류비용에 미치는 영향에 관한 연구," *디지털산업정보학회 논문지*, 제11권 제3호, 2015, pp.219-230.
- [7] 송재길 · 송상화, "공급망 운영에 있어서의 협력적 계획수립 프로세스에 관한 연구," *한국경영공학회지*, 제21권 제2호, 2016, pp.73-91.
- [8] Lee, Dong-Myung · Ku, Bon-Chul, "Development of Strategic Supply Chain System for Venture SMEs," *Journal of the Korea management engineers society*, 21(1), 2013, pp.159-171.
- [9] 전영호 · 최형주, "수배송비 최소화를 위한 물류거점 평가 시스템 개발," *한국경영공학회지*, 제19권 제1호, 2014, pp.137-145.
- [10] 박정상, "GIS와 AHP를 활용한 물류센터 입지선정에 관한 연구," *인천대학교 석사학위 논문*, 2019.
- [11] 임영태 · 임현우, "수도권 물류거점 입지여건 분석," *교통 기술과정책(대한교통학회)*, 제13권 제3호, 2016, pp.14-27.
- [12] 정지철 · 박주영, "중소유통공동도매물류센터의 경쟁력 강화방안에 관한 사례연구," *경영교육연구(한국경영교육학회)*, 제30권 제1호, 2015, pp.93-119.
- [13] 김정아, "수요예측을 활용한 실시간 재고관리시스템 설계 및 구현에 관한 연구," *성균관대학교 석사학위논문*, 2019.
- [14] 박승재, "기업재고수준 설명을 위한 전통적 재고관리 모형의 유용성에 관한 한국기업과 해외기업 비교," *유라시아연구*, 제14권 제4호, 2017, pp.47-61.
- [15] 성현정, "린 생산효율성에 따른 재고자산의 보유수준이 경영성과에 미치는 영향," *로지스틱스연구*, 제25권 제2호, 2017, pp.75-94.
- [16] 장수환, 정종필, "중소기업 스마트공장 구축을 위한 OpenCV기반 재고관리 시스템의 설계 및 구현," *한국인터넷방송통신학회 논문지*, 제19권 제1호, 2019, pp.161-170.
- [17] 김형준, "스마트폰 구매의 영향요인과 소비자 인식과의 관련성 연구," *디지털산업정보학회 논문지*, 제10권 제4호, 2014, pp.211-224.
- [18] 김철홍 · 문명국 · 장안석, "인천지역 초·중·고등학교의 학교환경 및 책결상에 대한 인간공학적 연구," *대한인간공학회지*, 제25권 제2호, 2006, pp.173-179.
- [19] 이동춘, "인간공학적 설계원리에 입각한 수강용 일체형 책결상의 개발," *한국산학논문집*, 제2권 제2호, 2002, pp.81-87.
- [20] 문재호, "청소년의 책결상 사용에 관한 연구," *대한재활의학회지*, 제22권 제3호, 1998, pp.711-716.
- [21] 민창기, "KSG 2010(한국산업규격 학생용 책·결상)디자인 가이드라인의 검토," *한국교육시설학회지*, 제14권 제3호, 2007, pp.17-26.

■ 저자소개 ■



김 병 찬
Kim, Byeong Chan

2019년 현재 서일대학교 시스템경영과 조교수
2016년 2월 사)한국기술거래사회 대외협력
부회장
2009년 2월 경기대학교 산업공학과(공학박사)
1998년 2월 경기대학교 산업공학과(공학석사)
1996년 2월 경기대학교 산업공학과(공학사)

관심분야 : 물류경영, 생산공학, SCM
E-mail : pckim4759@seoil.ac.kr



이 창 민
Lee, Chang Min

2019년 현재 서일대학교 산업경영과 재학

관심분야 : 물류관리, 품질관리, 창업관리
E-mail : lee5574364@naver.com

논문접수일 : 2019년 8월 6일
수정일 : 2019년 9월 8일
게재확정일 : 2019년 9월 11일