

## 공컨테이너의 효율적 관리를 위한 계량적 분석

오양택\* · 신재영\*\*

### Quantitative Analysis for the Efficient Control of Empty Container Flow

*Y. T. Oh · J. Y. Shin*

**Key Words** : 공컨테이너(Empty Container), 컨테이너 해상 수송 시스템(Maritime Container Transportation System), 선형계획법(Linear Programming)

#### Abstract

The management of liner shipping company is an extremely complex activities, especially if a company aims to simultaneously optimize the cost and service of the company's operations in a competitive environment. This paper investigates the control process of containers in a typical container liner shipping and proposes day by day operational model for empty container control in the maritime container transportation system. We proposed a linear programming model for empty container control in container liner shipping and the computational results show utilities of the model.

#### 1. 서 론

##### 1.1 연구의 필요성

물류는 재화 또는 서비스를 공급자로부터 수요자에게 수송하는 활동으로서 생산과 소비 사이의 시간적·장소적·인적 차이를 없앴으로써 새로운 가치를 창출하는 기능을 가지고 있다. 그런데, 효율적인 물류시스템을 구축하기 위해서는 장기적인 경영전략에서부터 일일 단위의 운영문제에 이르기까지 다양한 의사 결정 문제를 해결하여야만 한다. 이처럼 물류가 재화나 정보의 흐름을 적은 비용으로 순조롭게 이루어지

도록 하는 데 목적이 있다는 점을 고려할 때, 물류에서도 수송문제는 특히 중요하게 다루어져야 할 부분이다. 일반적으로 화물수송 및 재고관리 분야는 그 수송 수단에 따라 육상, 해상, 항공 등 크게 세 부분으로 나누어 연구되어 왔으며, 육상 수송은 다시 철송과 공로 수송으로 세분된다. 그리고 철송과 공로 운송에서는 수송 문제나 재고관리 문제에 대해 지금까지 많은 연구들(Turnquist(1985), Daskin(1985), Beaujon과 Turnquist(1991))이 발표되었으나 해상수송에 대한 연구는 미약하였다.

해상수송은 주로 국가간 무역에서 발생하는 대량화물을 수송하고 있으며, 70년대 이후부터

\* 정회원, 엘지EDS시스템 서어비스사업부

\*\* 정회원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

는 컨테이너를 이용한 국제복합운송이 크게 발전하여, Door to Door 서비스 개념까지 등장하였다. 특히 컨테이너 화물 수송은 재래선 수송에 비해 그 수송수요가 폭발적으로 증가하였고, 선박외에도 컨테이너 등 관련 운영 장비들의 수와 종류가 다양해지고 복잡해짐으로써 해운기업 경영에 있어 선박과 관련 장비의 운영에 더 전문적이고 체계적인 지식이 필요하게 되었다. 특히 오늘날 효율적인 컨테이너 운용 관리는 선사의 중요한 경영목표 가운데 하나가 되었다. 그러나 해상 컨테이너 운송은 그 교역 규모나 물류전반에서 차지하는 중요성에 비하여 지금까지 관련 연구실적이 미미한 형편이었다.

일반적으로 정기선 해운시장에 있어서 선사의 주요 경영전략은 대화주 서비스 향상, 선박 구입 및 운항의 경제성 추구, 컨테이너를 포함한 각종 장비의 구입 및 운영의 효율화에 집중되어 있다. 이 중에서 컨테이너는 선박에 비해서 단위당 구입 비용은 작은 반면에, 기기의 구입과 운영 그리고 임대와 반환 등과 관련된 시장의 상황이 수시로 변화하며, 또 그 변화의 폭이 크기 때문에 선사의 경제적이고 합리적인 관리가 무엇보다도 요구된다. 우리나라의 경우만 보더라도 국내의 많은 컨테이너 정기 선사들이 컨테이너 구입, 임대, 수리 및 저장에 연간 수백에서 수천만 달러를 지출하고 있는 실정이다. 이와 같은 해상 수송의 특징과 관리의 어려움 때문에 컨테이너 수송 문제는 운영적 관점보다는 정책적이고 전략적인 관점의 연구들이 주종을 이루고 있다. 따라서, 본 논문에서는 현행 컨테이너 관리 문제를 체계적으로 분석, 연구하여 컨테이너를 효율적으로 관리할 수 있는 운영적 관점의 공컨테이너 관리 모형을 제시하고자 한다.

## 1.2 관련 연구 현황

컨테이너 관리문제에 관해서는 다양한 연구들이 수행되어 왔다. 그러나 대부분이 정책적인 평가나 대안제시, 운송현황 분석에 관한 내용들이며 실제적인 운영관리 모델에 관한 연구는 그 수를 헤아릴 정도이다. 또 운영관리에

관한 연구라도 현실적으로 무리한 가정이 많아 대부분 그 결과가 활용되지 못하고 있다. 컨테이너 운영관리에 관한 계량적 분석 연구로 Dejax(1993)는 국제 해상운송의 일부분으로서 내륙 데포 사이의 공컨테이너 재할당문제에 대한 확률모형(Stochastic Model)을 연구하였다. 이 연구에서 Dejax는 항만, 데포, 수화주, 송화주로 구성된 컨테이너 수송 네트워크에서 모든 송화주들의 컨테이너 수요를 최소의 비용으로 만족시킬 수 있는 시분할 네트워크 모델을 수립했으나 실제 자료의 수집이 곤란하고 적절한 해를 구할 수 없는 것이 단점이다. 그러나 모형의 설계가 시간에 따라 변하는 공컨테이너 수요를 동적으로 충족시키는 것이므로 그 설계 개념은 중요한 요소로서 이용할 수 있을 것이다.

Gao(1993)는 컨테이너 정기선사의 운영에서 컨테이너의 운영과 적정보유수는 서로 중요한 상관관계를 지니고 있으므로 컨테이너 운송연구는 컨테이너 구입비와 운영비 사이의 상호작용을 충분히 고려하여야 한다고 주장하고 있다. 이를 위하여 터미널에서 하역된 공컨테이너를 효율적으로 재사용하여 임대 컨테이너를 줄임으로서 자본비와 운영비용을 최소화하는 방안을 연구하였다. 모델은 크게 두 부분으로 구성되어 있는데 먼저 선박이 기항하는 항구별로 항해단위로 공컨테이너의 과부족을 예측하고 둘째, 이러한 계산결과를 바탕으로 적절하게 공컨테이너를 재배치하는 계량모형을 개발하였다. 비용최소화를 목적식으로 하고 있으나, 일부 제약이나 가정들이 지나치게 비현실적이거나 실제 수치로 환산할 수 없는 등 현실적인 실용모델로서는 한계를 갖고 있다.

## 2. 모형의 수립

### 2.1 모형 수립의 전제조건

모형 수립에 앞서 우리는 컨테이너 관리 모형의 특징을 결정짓는 해상 컨테이너 물류시스템 특징을 살펴보고자 한다. 먼저 컨테이너 물류시스템의 일반적 구조를 살펴보면 Fig. 2.1과 같다. 컨테이너 물류 시스템은 각 항만으로 구

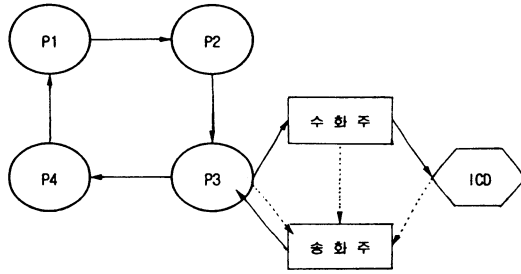


Fig. 2.1 In-Land Flow of Container Transportation System

축된 수송망이며, 각 항만 배후에는 화주들, 내륙 ICD로 이루어진 내륙 수송망이 포함되어 있다. 그리고, 그림에서 볼 수 있는바와 같이 컨테이너 관리시스템에서 항만은 항 배후의 내륙과 다른항으로부터 컨테이너가 출입하는 연결점 역할을 한다. 그리고 해상 수송망은 각 항만을 연결하는 항로로 구성되며 우리는 각 항로로 구성되는 해상 수송망에서 관리 대상이 되는 특정 항로를 결정하여야 한다.

본 연구에서 수립하는 컨테이너 관리를 위한 계량적 모형 수립에 필요한 가정과 전제조건들을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 계획구간내에서 선박의 운항 계획은 분석 시작 시점에 확정되어 있다. 이 가정은 선사들이 운항계획에 따라 화물을 수집하고 선적계획을 세우는 현실을 충분히 반영하고 있다.

둘째, 매년 혹은 수년씩 장기로 임대하여 사용하는 장기 임대 컨테이너는 자사의 컨테이너와 동일하게 취급하기로 한다. 이러한 장기 임대 컨테이너들은 관리모형에 의한 분석기간 중 반납되거나 새로 임대되는 특수한 경우를 제외하고는 크게 문제되지 않는다.

셋째, 수출 화물 적입을 위한 공컨테이너 수요는 반드시 충족되어야 한다. 해운업과 같은 경쟁시장에서 수요를 충족시키지 않을 경우, 단순한 운임 손실 외에 서비스 신뢰도에 손상을 입게 되어 이는 가격으로 환산할 수 없는 고객신뢰도 하락을 유발할 수 있다. 부족분은 임대 컨테이너나 다른 항구로부터 재배치된 공

컨테이너에 의해 처리될 수 있다.

넷째, 공컨테이너의 재배치는 자사 선박의 여유 선적 공간을 이용하여 이동한다.

다섯째, 각 항에서 단위 기간 수출화물량이 예측되어야 한다. 현재 선사들은 장래 화물의 증감 추세나 컨테이너 수요량을 예측하고 있다. 본 연구에서는 특별히 매일 간격으로 각 항에서 필요한 공컨테이너 수요를 파악하여야 한다.

여섯째, 컨테이너 종류는 먼저 단일 종류 (Single Commodity) 모형으로 한다. 컨테이너 종류는 20TEU로 환산하여 계산한다.

마지막으로 각 항구의 컨테이너 회송기간 (Devanning Time)은 계획구간내에서 상수로 가정한다.

위와 같은 내용을 바탕으로 컨테이너 관리문제의 특성을 요약해 보면 이 관리모형은 시간 변화에 따른 항만의 수요변화분을 각항의 공컨테이너 재고량의 적절한 재배치를 통해 해결하는 시분할 재고 관리 모형이 된다.

## 2.2 모형의 수립

문제의 모형화에 앞서 모형에서 사용하는 모수를 정의하면 다음과 같다.

$C_i$  :  $i$  항의 컨테이너재고비용

$E_{ij}$  :  $i$  항에서  $j$  항까지의 공컨테이너

운송 비용

$P_{ij}$  :  $i$  항에서  $j$  항까지의 컨테이너 임대 비용

$D_{ij}^t$  :  $i$  항에서  $j$  항으로 수출되는 화물을

위한  $t$  기의 컨테이너 수요량

$V_i$  :  $i$  항의 공컨테이너 보유수 상한치

$s_v$  :  $v$  선박의 평균 입항 간격

$r_i$  :  $i$  항의 컨테이너 평균 회송시간

(Average Devanning Time)

$d_{ij}$  :  $i$  항에서  $j$  항까지의 항해 시간

$T_r$  :  $v$  선박이 입항하는 항구  $i$  와 입항시간

$t$ 의 순서쌍 집합

$T_i$ :  $i$ 항에 입항하는 선박  $v$ 와 입항시간

$t$ 의 순서쌍 집합

컨테이너 재고비용은 각 항별로 차이가 있으며 선사 소유의 CY를 보유한 항구의 경우 재고 비용이 낮은 반면 다른 CY를 이용해야 하는 경우 관련 비용은 더 증가할 수 있다. 국내의 경우 실제로 고려해야 할 비용세목은 컨테이너를 CY에 반입할 때 부과되는 반입비용과 트레일러 운송비용 정도이다. 국내의 경우 CY에 컨테이너를 반입할 때 34,000원 또는 30,000원의 반입료를 부담하고 있으며 장치 일수가 늘어도 추가비용은 발생하지 않는다. 현재 부산항의 경우는 반입비용외에 매일 부과되는 별도의 공 컨테이너 보관료는 없다. 그러나 다른 기항지, 예를 들면 도쿄, 오사카, 홍콩, 싱가포르 등지에서는 홍콩의 경우 2.6\$/Day, 일본이나 싱가포르의 경우 2\$/Day, 대만의 경우 1.2\$/Day 정도의 추가 장치료가 지출되고 있다.

공컨테이너의 재배치 비용의 경우 실제 액수를 산정하려면 CY에서 선박에 선적할 때까지 트레일러 비용, 터미널 내에서의 운반비용(CY 내의 각종 기기 사용비용, 갠트릭레인 사용료 등), 목적항에서 양하후에 CY까지 반입하기까지의 처리 비용 등을 포함하여야 한다. 공컨테이너 임대는 대부분 전문 임대회사에서 빌리게 되며 임대비용은 기본적인 컨테이너 야드내 운반비용 외에 임대기간 동안 매일 일정액의 임대비용이 포함된다. 따라서 임대시점부터 선박에 의해 수화주까지 수송한 후 목적항의 CY까지 반입될 때까지의 기간에 의해 비용이 산정된다. 현재(95.9월 기준) 20TEU 기준으로 국제적으로 평균 2\$/Day 정도이다. 수출되는 화물을 위해 필요한 컨테이너 수량  $D_{ij}^{vt}$ 는 계획구간내의 수출 컨테이너 화물량에 의해 결정된다. 단 본 모형에서 정의된 비용 함수들은 모두 선형으로 가정한다.

본 모형에서 정의된 결정변수(Decision Variable)는 다음과 같다.

$x_i^t$ :  $t$ 기간에  $i$ 항의 공컨테이너 재고량.

$f_{ij}^{vt}$ :  $t$ 기간에  $i$ 항에서  $j$ 항까지 선박  $v$ 로 재배치되는 공컨테이너 수송량.

$l_{ij}^{vt}$ :  $t$ 기간에 선박  $v$ 로  $i$ 항에서  $j$ 항으로의 수출화물을 위한 컨테이너 임대량.

$K_i^{vt}$ : 선박  $v$ 가  $t$ 기간  $i$ 항에서의 여유 적재 공간.

정의한 모수와 변수들을 이용하여 문제를 모형화하면 다음과 같다. 모형의 목적식은 공컨테이너 재배치 비용과 임대비용, 총 재고 비용의 합을 최소화 하는 문제가 된다.

$$\text{Min} \quad \sum_i \sum_t C_i x_i^t + \sum_v \sum_t \sum_i \sum_j (E_{ij} f_{ij}^{vt} + P_{ij} l_{ij}^{vt})$$

s. t.

$$EC_i^{z+r_i} = \begin{cases} \sum_v \sum_j \sum_{z-s^t < k \leq z} (D_{ji}^{v(k-d_n-r_i)} - l_{ji}^{v(k-d_n-r_i)}) \\ 0 \end{cases}$$

$$\forall (i, t) \in T_v, \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

otherwise

$$x_i^t = x_i^{t-1} - \sum_v \sum_j D_{ij}^{vt} + \sum_v \sum_j f_{ji}^{v(t-d_n)} - \sum_v \sum_j f_{ij}^{vt} + \sum_v \sum_j l_{ij}^{vt} + EC_i^t \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$\forall (i, t) \in T_v,$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} - \sum_v \sum_j D_{ij}^{vt} + \sum_v \sum_j l_{ij}^{vt} + EC_i^t, \quad \forall (i, t) \notin T_v, \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

$$x_i^t \leq V_i, \quad \forall i, \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

$$K_i^{vt} = K_i^{v(t-1)} + \sum_j f_{ji}^{v(t-d_n)} - \sum_j f_{ij}^{vt} + \sum_{t-s^t < k \leq t} \sum_j D_{ji}^{v(k-d_n-r_i)} - \sum_{t-s^t < k \leq t} \sum_j D_{ij}^{v(k-r_i)}, \quad \forall (v, t) \in T_i, \dots \textcircled{5}$$

$$K^{vt} = K^{v(t-1)}, \quad \forall (v, t) \in T_i, \dots\dots ⑥$$

$$f_{ij}^t \leq K^{vt}, \quad \forall i, \forall j, \forall v, \forall t, \dots\dots ⑦$$

$$x_i, f_{ij}^t, l_{ij}^t, K^{vt} \geq 0, \quad \forall i, \forall j, \forall v, \forall t, \dots\dots ⑧$$

먼저 ① 번 제약의  $EC_i^{z+r}$ 은 각 항별로 육상의 수화주에게 수송된 적컨테이너들이 CY로 회송되어 공컨테이너로 재사용되는 시점을 찾아 각 항의 컨테이너 재고량에 합산되는 것을 표시한다. 양화된 컨테이너들은 각 항별 육상 회송시간이 경과한 후 공컨테이너로 재사용되며, 그 외의 기간은 값이 0이 된다. 제약 ②와 ③은 각각 선박의 입항이 있는 경우와 없는 경우의 항만의 공컨테이너 재고량( $x_i^t$ )에 대한 제약이다. 컨테이너 재고는 선박의 입항이 있는 경우( $\forall (i, t) \in T_i$ ), 직전기의 재고  $x_i^{t-1}$ 와 수입된 적컨테이너들이 일정 시간이 지난 후 재사용되는 양  $\sum_v \sum_j \sum_{z-s' < k \leq z} (D_{ji}^{v(k-d_n-r)} - l_{ji}^{v(k-d_n-r)})$ , 이전 기항지로부터 재배치된 공컨테이너를 합한 양  $\sum_v \sum_j f_{ji}^{v(t-d_n)}$ 에서 다른 항으로 재배치되는 양  $\sum_v \sum_j f_{ij}^t$  과 현재 컨테이너 수요  $\sum_v \sum_j D_{ij}^t$  를 제한 양만큼이며 수요가 충족되지 못할 경우 컨테이너  $\sum_v \sum_j l_{ij}^t$  만큼 임대하게 된다. 제약식 ④는 각 항의 컨테이너 평균 재고량에 대한 제약이다.

제약식 ⑤와 ⑥은 운항중인 선박의 여유적재용량  $K^{vt}$ 에 대한 제약이다. 선박이 항해 중일 경

우 여유 적재용량의 변화는 없으며, 입항한 경우는 양화되는 수입화물량  $\sum_{t-s' < k \leq t} \sum_j D_{ji}^{v(k-d_n-r)}$ , 다른 항만에서 재배치되어온 공컨테이너량  $\sum_j f_{ji}^{v(t-d_n)}$  과 이번 항에서 선적되는 수출화물량  $\sum_{t-s' < k \leq t} \sum_j D_{ij}^{v(k-r)}$ , 다른항으로 재배치되는 공컨테이너량  $\sum_j f_{ij}^t$  의 합과 차이만큼이 변한다. 이 제약은 선박이 매번 입출항할 때마다 공컨테이너 배치량을 제한하는 역할을 한다. 선박의 적재 공간에 여유가 없다면 컨테이너의 재배치는 불가능하다. 그 이유는 화물을 적재한 컨테이너를 선적하지 않고 공 컨테이너를 선적할 수는 없기 때문이다. 제약식 ⑦은 선박에 의해 재배치될 수 있는 공컨테이너의 양에 대한 것이다. 공컨테이너의 재배치량은 출항 시점의 선박의 여유 적재용량을 초과할 수 없다.

### 3. 모형의 적용례 및 결과 분석

#### 3.1 자료의 수집

모형의 적용은 국내 H선사의 동남아 항로의 5개항 - 싱가포르, 홍콩, 도쿄, 요코하마, 오오사카 - 에 투입된 3척의 선박을 대상으로 하였다. 그리고 Table 3.1은 대상 항로의 실제 선박 운항 스케줄이다. 계획기간은 6월 2일에서 동년 7월 14일까지 42일간이며 계획구간의 단위는 일일 단위이다.

Table 3.1 Voyage Schedule of IAX Line

선박	기 간																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	P1					P2					P3		P4				P5				
2				P3		P4				P5					P1						P2
3			P5						P1					P2					P3		P4

선박	기간																				
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
1	P1					P2					P3		P4				P5				
2				P3		P4				P5					P1						P2
3			P5					P1					P2						P3		P4

이 항로의 스케줄을 따라 운항된 선박에 의해 수송된 컨테이너 수송량은 각 선박의 항차별로 선적 컨테이너의 목적지가 명시된 NRL 자료를 바탕으로 정리하였다. 컨테이너의 수량

은 20 feet 형을 기준으로 하였으며 40 feet 형이나 냉동 컨테이너, Open Top 컨테이너는 모두 2개의 20 feet 형으로 환산하였다.

Table 3.2 Voyage Time and Container Leasing Cost

항별 항해 시간 항별						컨테이너 임대 비용					
항만	1	2	3	4	5	항만	1	2	3	4	5
1		4	9	11	15	1		34	42	48	56
2	15		4	6	10	2	44		22	26	34
3	10	16		1	5	3	50	60		32	40
4	8	13	18		3	4	40	50	60		30
5	4	9	14	16		5	22	32	42	46	

각 항의 선박 기항간격은 운항 스케줄에서 확인할 수 있는 바와 같이 7일이며 각 항의 컨테이너 회송기간은 싱가포르 13일, 홍콩 7일, 도쿄 15일, 오오사카 12일로 가정하였다(해운산업연구원 (1990)). 자료상의 회송기간은 컨테이너가 화물을 적입한 채 입항한 후 다시 화물을 적재하여 반출되기까지의 시간을 평균한 것이므로 우리는 이 기간을 절반 정도에서 컨테이너를 재사용 가능한 것으로 가정하였다. 각 항만의 컨테이너 재고비용은 싱가포르 \$2, 홍콩 \$3, 도쿄 \$2, 오오사카 \$2 이며, 이 가격은 95년 10월 초순을 기준한 값이다.

Table 3.2는 각 항간의 항해시간 및 컨테이

너 임대비용을 정리한 것이다. 이 중에서 임대비용은 매일 지출되는 임대비용과 항해시간, 출항지의 컨테이너 회송기간을 합한 값을 곱하여 결정하였다. 더 자세하게 비용을 산출할 수도 있겠으나 본 논문의 목적은 비용 처리 보다는 모형의 타당성 여부 확인에 더 큰 목적이 있으므로 생략하기로 한다.

### 3.2 계산결과 및 민감도 분석

위의 자료를 바탕으로 문제를 PC용 선형계획문제 분석 프로그램인 LINDO를 사용하여 해를 구하였다. 그 결과는 다음과 같다.

공컨테이너의 효율적 관리를 위한 계량적 분석

Table 3.3 Computational Result

구분	항목	기 간																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
항별 재고량	1	533	430	327	224	119	14	487	507	371	235	99	.	.	646	852	750	649	549	446	345	1048
	2	122	94	66	36	6	58	39	20	.	.	.	.	53	30	7	24	.	.	.	20	.
	3	150	91	43	.	568	519	469	419	369	305	45	805	739	673	607	541	482	223	746	685	624
	4	103	56	8	208	160	199	150	100	50	.	273	223	244	192	144	96	48	.	445	396	347
	5	78	56	296	261	226	191	156	121	86	276	230	184	138	92	46	.	246	205	164	123	82

구분	항목	기 간																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
재배 치량	12															11							
	14	17																					
	24					55																	
	31				195														200				
	41																						
	51			125								160											

구분	항목	기 간																				
		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
항별 재고량	1	889	785	680	576	470	366	716	843	716	589	463	355	207	686	796	639	480	320	160	.	.
	2	.	.	.	.	.	146	122	98	74	50	25	.	74	56	38	19	.	.	.	28	.
	3	563	502	467	280	804	768	732	697	660	605	380	1064	1010	955	898	842	785	487	1017	960	901
	4	285	223	161	315	253	191	129	80	30	.	218	168	191	141	94	47	.	212	163	49	.
	5	41	.	238	184	128	72	16	.	.	273	223	174	126	76	25	.	304	284	262	242	220
재배 치량	12								29													
	14	67																				
	24																				11	
	31				152							171							242			
	41																				65	
	51			63								88								80		

Table 3.3은 각 항의 매기별 컨테이너 재고량의 변화와 각 항사이의 공컨테이너 재배치량을 나타내고 있다. 적용 대상 항로에서 계획기간동안 소요되는 총 컨테이너 관리비용은 \$156,660이다. 이는 각 항의 공컨테이너 보관비용과 부족분의 컨테이너를 임대하는데 소요된 비용의 합이다.

계산결과를 살펴보면 1번항의 경우는 15, 29기에 2번항으로 각각 11, 29개, 1, 22기에 4번항으로 17, 67개의 공컨테이너를 재배치하고, 2번항의 경우 6기와 41기에 4번항으로 55, 11개를, 3번항의 경우 4, 18, 25, 32, 39기에 1번항으로 각각 195, 200, 152, 171, 242개의 공컨테이너를 재배치해야 함을 보여주고 있다. 그외에 4번항은 41기에 65개의 공컨테이너를 1번항으로, 5번항에서는 3, 10, 24, 31, 39기에 각각 125, 160, 63, 88, 80개의 공컨테이너를 1번항으로 재배치하도록 하는 결과를 보이고 있다. 이러한 재배치량은 항별로 매기에 부족한 공컨테이너량을 보여주는 것으로 이를 모두 비용으로 환산 - 재배치되는 컨테이너의 수량은 1,731개로서 각각 임대비용을 곱하면 된다. -하면 \$69,060에 이른다. 이는 기간내 총비용의 약 절반에 가까운 규모로서 공컨테이너의 재배치가 전체 관리비용의 절반에 어느 정도 영향을 미치는지 보여주는 중요한 지표이다. 그리고 위의 계산결과로부터 각 항의 컨테이너 수급 불균형 상황을 즉시 식별할 수 있다.

위와같은 결과를 바탕으로 항만의 재고비용 감소가 총 관리비용과 컨테이너 임대비용, 공컨테이너 재배치량에 어떤 영향을 미치는가를 분석해 보자. 현재 국내 선사들은 컨테이너를 부산에 보관할 때 다른 외국항에 비해 비용이 매우 낮기 때문에 다른항의 잉여 공컨테이너를 부산항으로 이송하여 보관하고 있다. 그러나 Fig. 3.2에서 보면 3번항의 재고비용이 \$0에서 \$60까지 변화하는 동안 부족분의 컨테이너를 임대하는데 드는 비용은 거의 변화가 없다. 즉, 재고비용의 증·감에 따른 총비용의 변화는 필연적인 결과이지만 임대비용은 거의 변하지 않

는 것이 최적임을 알 수 있다. 따라서, 임대비용은 재고비용이 증가한다고 해도 거의 영향을 받지 않는다.

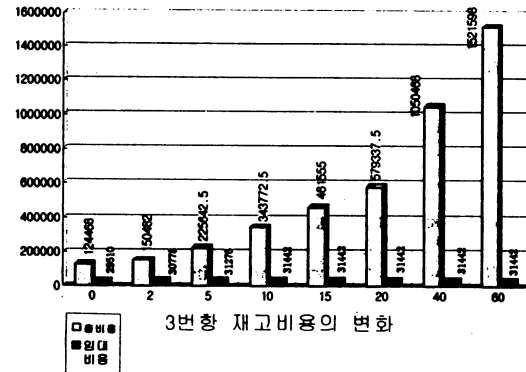


Fig. 3.2 Sensitivity of Inventory Cost Coefficient

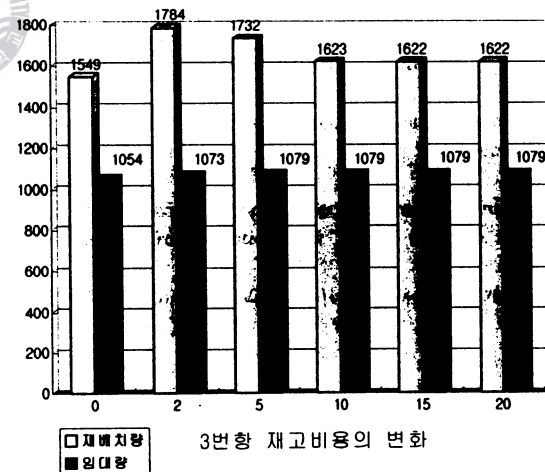


Fig. 3.3 Quantity Variance of Leasing Containers by Inventory Cost

또, Fig. 3.3에서 컨테이너의 재배치량과 임대량의 변화에서 알 수 있듯이 항만의 재고비용이 변화해도 항만별 수요에 대한 공컨테이너 재배치량에는 거의 변화가 없다. 이 두 그림에서 유추할 수 있는 결론은 각 항만간의 물동량에 변화가 없는 한 동일 항로에서 컨테이너 관리비용을 최



소화하는 공컨테이너 재배치 계획은 항만의 재고 비용 변화에 관계없이 거의 일정하게 정해져 있다는 것이다. 따라서 현재 선사에서 부산항에 컨테이너를 보관하여 재고비용을 절감하려 하는 것은 그리 실익이 없는 일이라 할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 해상 컨테이너 운송시스템에서 운영적 관점으로 컨테이너 관리 문제를 다루는 계량적 모형을 제안하였다. 이 모형은 지금까지 전략적, 기술적 규모의 연구들에 의해 확인된 바와 같이 컨테이너 물동량의 불균형으로 발생하는 공컨테이너 수급불균형을 각 항로 단위로 세분화하여 효율적 운영계획을 수립할 수 있도록 해준다. 모형의 유용성을 검증하기 위해 컨테이너 선사인 H 선사의 특정 항로의 최근 운항 자료를 수집하고, 관련 자료들을 바탕으로 실제 계산을 수행하여 그 결과를 분석하였다. 분석 결과 공컨테이너의 재배치가 전혀 고려되지 않던 적용 대상항로에서 각 항간에 적절히 공컨테이너를 재배치함으로써 상당한 비용 절감 효과가 있음을 알 수 있었다.

물론 여러가지 가정상의 제약이 있지만 본 모형은 운영적 관점에서 접근하여 단위 기간별로 필요한 컨테이너 수급량을 계량적으로 확인할 수 있으므로 컨테이너 관리계획 수립시 중요한 기초자료가 되며, 실무에 적용할 수 있는 실용 모형으로서의 가치도 높다 하겠다.

#### 참고 문헌

1. Beaujon, G.J. and M.A. Turnquist(1991), "A Model for Fleet Sizing and Vehicle Allocation", *Transportation. science*, Vol. 25, No. 1, pp.19-45.
2. Daskin, M.S.(1985), "Logistics : An Overview of the State of the Art and Perspectives on Future Research", *Transportation. Res. A*, Vol. 19A, No. 5,6, pp.383-398.
3. Dejax, P.J. and T.G. Crainic(1987), "A Review of Empty Flows and Fleet Management Models in Freight Transportation", *Transportation. Science*, Vol. 21, No. 4, pp.227-247.
4. Dejax, P.J., T.G. Crainic and Gendreau (1993), "Dynamic and Stochastic Models for the Allocation of Empty Containers," *Operations Research*, Vol. 41, No. 1, pp.102-126
5. Gao, Q.(1993), "An Operational Approach for Container Control in Liner Shipping," *Logistics and Transportation Review*, Vol. 30, No. 3, pp.267-282
6. Turnquist, M.A.(1985), "Research Opportunities in Transportation System Characteristics and Operations", *Transportation. Res. A*, Vol. 19A, No. 5,6, pp.357-366.
7. 해운산업연구원(1990), 우리나라 컨테이너화물 유통구조 개선방안.

