

국제 해상 컨테이너의 운용방안에 관한 연구

김 성 국* · 신 한 원**

A Study on the Effective Management for the International Sea-borne Container

Seong-Kook Kim · Han-Won Shin***

〈 목 차 〉

Abstract

1. 서론
2. 예측모형 설정
3. 컨테이너 운용방안 모형설정
 - 3.1. 컨테이너 적정보유수 모형설정
 - 3.2. 컨테이너 의사결정 모형설정

4. 모형적용

- 4.1. 컨테이너 적정보유수에 대한 분석
- 4.2. 컨테이너 운용관리에 대한 분석

5. 결론

참고문헌

Abstract

In the process of containerization, the problem of regional maldistribution of container management plan arises seriously due to several factors like a number of unbalances of containers between loading and discharging ports.

This study focus on the minimizing container management cost. This study is composed of two models which in effective management decision making show decision of the number of containers and transfer of empty containers. One is decision of the number of containers which carriers should possess by appropriate forecasting and the other is effective management decision making which includes the transfer of empty containers on calling ports.

This study has suggested as follows,

First, the Time Series analysis method, especially the "Exponential Smoothing with Trend Adjustment" was used to forecast the trade volumes for the designated traffic route.

Second, the Time Series analysis method in deciding the optimal number of owned container at the

* 정회원, 한국해양대학교 해사수송과학과, 석사과정

** 정회원, 한국해양대학교 해운경영학과 교수

unbalances trade situation between East Bound and West Bound service, most important variables were found such as total traffic volume, the calling interval at a port, the number of days of voyage and the length of stay on shore of container for the optimal number of owned container.

Third, effective management decision making model, which makes it possible to analyze the impacts of change in important matters such as lease and positioning policy, and actually influence decision making.

1. 서 론

컨테이너 수송이 본격화됨에 따라 해운회사간의 경쟁이 격심해지고 그 결과 서비스 수준을 향상하기 위해 거액의 설비투자가 필요하게 되었다. 또한 定期船 서비스를 실시하고 있는 國籍船社의 경우 컨테이너선 운항에 필요한 컨테이너 容器를 보유하고 운영하는데 막대한 자본과 경비가 소요되고 있는 점을 감안할 때 컨테이너 運用管理는 해운회사의 경쟁력 확보에 중요한 기능이라고 할 수 있으며, 컨테이너 수송과 더불어 발생하는 문제점으로서의 우선 장래의 화물량을 예측하고 이를 만족시킬 수 있는 컨테이너를 얼마만큼 보유할 것인가를 결정할 필요가 있고, 또한 컨테이너 適正保有數를 가장 효율적으로 이용하는 방안에 관한 의사결정 문제이다. 즉 물동량이 불균형할 경우 컨테이너 재고의 偏在問題가 심각히 대두되는데, 이러한 불균형은 컨테이너의 계속적인 積滯 및 컨테이너 회전율의 악화를 유발하여 컨테이너 수송의 효율을 현저히 떨어뜨리고 해운기업의 생산성을 低下시키는 요인이 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 시도된 선행연구인 컨테이너 운용관리에서는 적정보유수 문제¹⁾와 회송계획 문제²⁾를 중심으로 각각 분리하여 연구한 선행연구가 많고 적정보유수와 회송계획을 종합적으로 분석한 선행연구³⁾는 그다지 많지 않다. 그리고 컨테이너 모형의 타당성을 검증하기 위하여 실제 船社의 자료를 이용하여 분석한 연구로는 朴鎮洙 教授의 연구⁴⁾에 국한되고 있다.

본 연구에서는 성숙단계에 접어든 컨테이너 시장의 특성을 감안하여 극동-북미항로 중심으로 보다 과학적인 운영관리를 위한 적정보유수 모형

과 회송계획을 포함한 의사결정모형을 설정하고, 이 모형에 실제 우리나라 선사의 자료를 입력하여 실제 적용시킴으로써 효율적인 컨테이너 운영 관리 방안을 제안하고자 한다.

2. 예측모형 설정

본 연구에서는 1989년 부터 1993년 까지의 모델선사 "A"의 북미항로의 PSW航路를 East Bound 및 West Bound로 나누어서 QSB⁵⁾ 및 MS Keyword⁶⁾로 시계열 분석한 결과 그림1과 그림2와 같이 물동량은 꾸준히 증가하고 있으며, 물동량의 계절성(Seasonality)은 다소간의 진폭은 있으나 뚜렷한 계절성을 찾아볼수 없었다. 본 연구에서는 절대평균편차(MAD: Mean Absolute Deviation), 평균자승오차(MSE: Mean Square Error) 및 평균예측오차(MFE: Mean Forecast Error)의 비교를 통하여 가장 타당한 예측모형을 선정⁷⁾한 결과 표1 및 표2와 같이 "선형회귀"모형을 제외한 MAD값이 큰 차이를 보이고 있지 않으나 평활상수 0.33을 사용한 "추세조정지수평활법"이 가장 유효하게 나타났다.

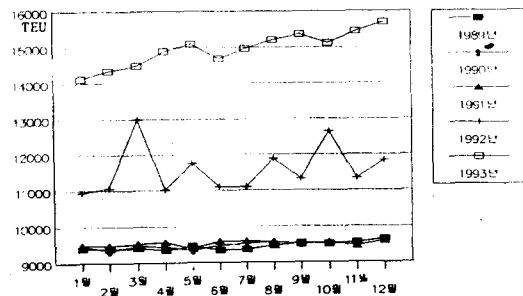


그림1 모델선사 "A" East Bound의 월별 물동량

표1 모형적용 선사의 East Bound 물동량 예측기법 비교

예측모형	변경내용	MAD	MSE	MFE
단순이동평균법 (Simple Average)	3기간 이동	405.7630	5107433.9930	-270.5481
	5기간 이동	499.6521	5107433.9930	-420.9628
이동평균법-선형추세과정 (Moving Average-Linear Trend Process)	3기간 이동	463.4149	644100.0	-9.325934
	5기간 이동	467.3791	583056.8	-12.62091
추세조정지수평활법 (Exponential Smoothing With Trend Adjustment)	추세상수0.1	382.562	477446.2	-226.9216
	추세상수0.3	413.834	494840.4	-148.1474
선형회귀 (Linear Regression)		245442.3	7.948474E+10	-245442.3
가중이동평균법 (Weighted Moving Averages)	3기간 이동	451.6250	5107433.9930	-314.0852
	5기간 이동	576.7163	5107433.9930	-511.7054
지수평활법 (Exponential Smoothing)	상수 0.30	466.8584	5107433.9930	-405.4605
	상수 0.33	447.3544	5107433.9930	-371.6888

표2 모형적용 선사의 West Bound 물동량 예측기법 비교

예측모형	변경내용	MAD	MSE	MFE
단순이동평균법 (Simple Average)	3기간 이동	308.1407	4032990.1315	-266.5852
	5기간 이동	421.2140	4032990.1315	-402.2930
이동평균법-선형추세과정 (Moving Average-Linear Trend Process)	3기간 이동	354.7408	410417.6	-10.163
	5기간 이동	345.6070	401777.6	-25.96052
추세조정지수평활법 (Exponential Smoothing With Trend Adjustment)	추세상수0.1	297.8817	361742.7	-234.8326
	추세상수0.3	305.4859	368202	-161.1142
선형회귀 (Linear Regression)		201828.2	5.374565E+10	-201828.2
가중이동평균법 (Weighted Moving Averages)	3기간 이동	340.9963	4032990.1315	-309.3222
	5기간 이동	342.4806	4032990.1315	-318.6636
지수평활법 (Exponential Smoothing)	상수 0.30	393.0447	4032681.7760	-388.8098
	상수 0.33	363.5781	4032681.7760	-358.2639

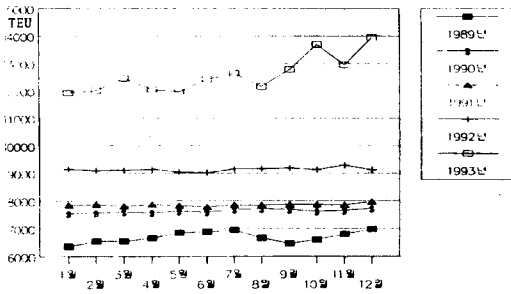


그림2 모델선사 "A" West Bound의 월별 물동량

3. 컨테이너 운용방안 모형설정

3.1. 컨테이너 적정보유수 모형설정

물동량이 불균형한 2港口間 항로의 선박운항 유형을 분석하기 위해 다음 그림3과 같이 선박운항의 유형을 나타낼 수 있다.

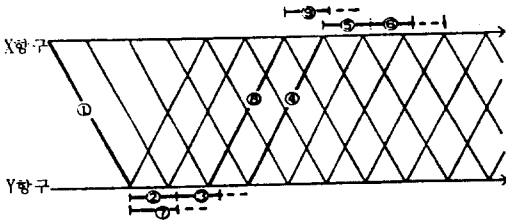


그림3 2港口間 항로의 선박운항 圖式

그림3은 2港口間 항로의 선박운항 圖式이며, 여기에 기초하여 컨테이너 流動 유형을 생각한다.

X港口→Y港口의 화물량이 Y港口→X港口의 화물량보다도 많기 때문에, X港口로부터 본선으로 Y港口로 향하는 實컨테이너의 움직임은 다음과 같은 두가지 유형으로 구성되어 있다.

즉,

(A) X港口에서 비게 되므로, X港口로 가는 화물을 싣고 X港口로 향한다.

즉 움직임의 유형은 ①→②→③→④→⑤→⑥이다.

(B) Y港口에서 비게 되어, 잉여 컨테이너로서 바로 X港口로 향한다.

즉 움직임의 유형은 ①→⑦→⑧→⑨이다.

따라서, 유형 (A)의 ①~⑥의 회전시간 T_a^R 및 유형 (B)의 ①~⑨의 회전시간 T_b^R 는 각각 다음 식으로 나타난다.

$$T_a^R = 2(T^V + m \cdot T^F) \quad (1)$$

$$T_b^R = 2(T^V + n \cdot T^F) \quad (2)$$

여기서

T^V : 편도항해일수

T^F : X港口에서 Y港口까지 운항하는 항로에서, X港口 출항부터 X港口 입항까지의 항해일수를 배선척수로 나눈값으로 기항간격이다.

즉, 기항간격 = $\frac{\text{항해일수}}{\text{배선척수}}$ 이다.

m : 유형(A)에 있어 實컨테이너 또는 空컨테이너가 港口도착부터, X港口에서는 ⑤ ⑥, Y港口에서는 ② ③으로 움직이고(流動) 있는 사이에 각 항에 본선이 기항하고 있었던 회수를 표시하며, 다음식을 만족하는 값이다.

$$(m-1)T^F < 2T^C \leq m \cdot T^F \quad (3)$$

단, T^C : 컨테이너의 내륙유동일수이다. 같은 형태로

n : 유형 (B)에 있어서 컨테이너가 X港口에서는 ⑨, Y港口에서는 ⑦을 유동하고 있는 사이의 본선기항회수를 나타내고 다음식을 만족하는 값이다.

$$(n-1)T^F < T^C \leq n \cdot T^F \quad (4)$$

유형 (A), (B)의 회전시간내에 X港口에 본선이 기항하는 회수를 F_a , F_b 로 하면, 다음식이 성립한다.

$$F_a = T^R_a/T^F, F_b = T^R_b/T^F \quad (5)$$

단, 往航 및 復航의 1항해당 화물수송량은 전제 조건 (4)에 의해, 다음 식으로 나타난다.

$$D_x = T^F \cdot N_x/Y, D_y = T^F \cdot N_y/Y \quad (6)$$

여기서

D_x, D_y : X港口 → Y港口, Y港口 → X港口에의 1항해당 화물량(TEU)

N_x, N_y : X港口 → Y港口, Y港口 → X港口에의 연간 총화물량(TEU)

Y : 1년간의 일수(=365)이다.

X港口에 있어서 제1항해부터 F_b 번째의 항해 까지에 새롭게 필요한 컨테이너數 C_b (TEU)는 이 사이의 Y港口로 向하는 화물량과 같고, 식 (2), (5), (6)에서 다음식과 같이 표시된다.

$$C_b = D_x \cdot F_b = 2N_x(T^V + n \cdot T^C)/Y \quad (7)$$

또 F_b+1 번째의 항해부터 F_a 번째의 항해까지에 새롭게 필요한 컨테이너數 C_a 는, 이 기간에 Y港口에서의 잉여분이 X港口으로 回送되므로, X港口으로 向하는 화물량과 같다. 이것은 식(1), (2), (5), (6)에서 다음식과 같이 된다.

$$C_a = D_y(F_a - F_b) = 2N_y(m - n)T^F/Y \quad (8)$$

따라서 자사 컨테이너 보유량 C 는 식 (7),(8)에 의거, 식 (9)와 같이 된다.

$$C = C_b + C_a = \frac{2\{N_x(T^V + n \cdot T^C) + N_y(m - n)T^C\}}{Y} \quad (9)$$

또 왕복할 화물량이 같은 경우,

自社컨테이너 보유량 C 는 片道の 화물량을 $N = N_x = N_y$ 로 하면, 다음식이 성립한다.

$$C = \frac{2N(T^V + m \cdot T^F)}{Y} \quad (10)$$

식 (9)에서 왕복화물량이 균등하지 않을 경우는 적은 쪽의 화물량 결국 N_y 의 増減에 의해 컨테이너數도 増減한다.

3.2. 컨테이너 의사결정 모형설정

의사결정 모형을 구성하기 위해 컨테이너의 각 움직임을 정의하면 그림4라 할 수 있다.

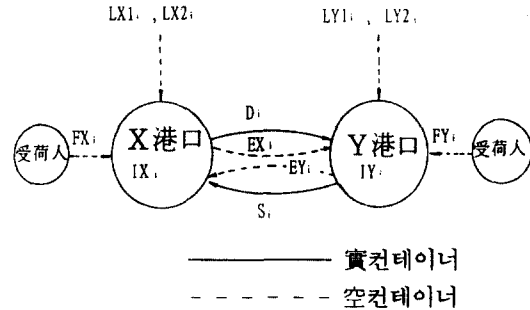


그림4 컨테이너 움직임을 정의

또한 움직임에 사용된 함수의 정의는 다음과 같다.

i : 기간

X_i : i 기간初에 X港口 CY에 있는 사용 가능한 空컨테이너數

Y_i : i 기간初에 Y港口 CY에 있는 사용 가능한 空컨테이너數

VX_i : i 기간동안 X港口에서 Y港口의 운항에 이용할 船型(Capacity)

VY_i : i 기간동안 Y港口에서 X港口의 운항에 이용할 船型(Capacity)

D_i : i 기간동안 X港口에서 Y港口으로 수송할 물동량

S_i : i 기간동안 Y港口에서 X港口으로 수송할 물동량

$LX1_i$: i 기간初에 Y港口의 CY에서 Devan하기 위하여 X港口에서 빌린 賃貸컨테

이너數

LY_{1i} : i 기간初에 X港口의 CY에서 Devan하기 위하여 Y港口에서 빌린 貨貸컨테이너數

LX_{2i} : i 기간初에 Y港口의 내륙지방에서 Devan하기 위하여 X港口에서 빌린 貨貸컨테이너數

LY_{2i} : i 기간初에 X港口의 내륙지방에서 Devan하기 위하여 Y港口에서 빌린 貨貸컨테이너數

EX_i : i 기간중 X港口에서 Y港口으로 回送시킨 空컨테이너數

EY_i : i 기간중 Y港口에서 X港口으로 回送시킨 空컨테이너數

FX_i : i 기간중에 X港口에서 Devan된 空컨테이너數

FY_i : i 기간중에 Y港口에서 Devan된 空컨테이너數

IX_i : i 기간중에 X港口에서 사용하고 남은 空컨테이너數

IY_i : i 기간중에 Y港口에서 사용하고 남은 空컨테이너數

3.2.1. 비용의 분석

컨테이너에 관련된 비용에는 많은 항목이 있겠으나 본 연구의 의사결정 모형에서는 컨테이너선의 비용중에 일반적인 운항에 관련되는 비용은 제외하고, 비용함수를 다음과 같이 정의하였다.

TC_i : 총 운용비용

LC_i : i 기간의 임대비용

$$(LC_i = LCF_i + LCM_i)$$

LCF_i : i 기간의 임대비용의 구성요소에서 고정비용

LCM_i : i 기간의 임대비용의 구성요소에서 간접비용

SXC_i : i 기간의 X港口에서의 재고비용

SYC_i : i 기간의 Y港口에서의 재고비용

RCX_i : i 기간의 X港口에서의 회송비용

RCY_i : i 기간의 Y港口에서의 회송비용

OC_i : i 기간의 자사 컨테이너 보관비용

3.2.2. 컨테이너 의사결정 모형의 정식화

3.2.2.1. 모형의 목적함수

본 모형에서는 각 港口에서의 各 期間 初期에 있어서 空컨테이너數와 필요 컨테이너數의 관계를 만족하도록, 空컨테이너의 回送과 貨貸컨테이너의 사용을 검토하고, 總運用費를 최소화하도록 문제를 정식화한다.

즉, 목적함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Min TC} = & \sum_i OC_i(X_i + Y_i) + \sum_i LC_i(LX_i \\ & + LY_i) + \sum_i SXC_i IX_i + \sum_i SYC_i IY_i \\ & + \sum_i RCX_i EX_i + \sum_i RCY_i EY_i \end{aligned}$$

3.2.2.2. 의사결정 모형의 제약식

이 모형의 도출을 위해서 편도항해일수를 한 기간(Period)로 가정했다.

① 사용가능한 컨테이너의 제약

각 기간중에 항구에서 사용가능한 컨테이너의 제약 관계식은 다음과 같다.

$$X_i = IX_i + EY_i + FX_i + A \times S_{i-1-K} - LY_{2i-1-K} \quad (11)$$

$$Y_i = IY_i + EX_i + FY_i + A \times D_{i-1-K} - LX_{2i-1-K} \quad (12)$$

(11) 및 (12)식에 제한되는 관계식은 다음과 같이 구성된다.

$$FX_i = \text{MAX} [(1-A) \times S_{i-1} - LY_{i-1}, 0] \quad (13)$$

$$FY_i = \text{MAX} [(1-A) \times D_{i-1} - LX_{i-1}, 0] \quad (14)$$

$$IX_i = X_i + LX_{1i} + LX_{2i} - D_i - EX_i \quad (15)$$

또한 (11) 및 (12)식에 사용되는 A 및 K는 다음과 같이 정의된다.

A: 내륙으로 들어가서 Devan하는 화물과 CY에서 Devan하는 화물의 비율

K: 각 항에서 수입화물을 부리고的空컨테이너로 회수될 때까지의 期間의 數

② 임대컨테이너의 제약

일반적으로 컨테이너의 부족분에 대해서는 컨테이너 임대업자에게 빌리게 되는데 貸貸기간에 따라 비용에 차이가 나므로 임대비용을 최소화하기 위해서 CY에서 Devan하는 컨테이너에 우선적으로 임대컨테이너를 사용하도록 구성하였다.

만약 임대컨테이너를 자사소유의 컨테이너(Own Container)와 구분하지 않고 부족분만을 채운다면 그 비용이 늘어나게 되므로 고려하지 않았다.

$$LX1_i = \min [(1-A) \times D_i, \max [D_i - X_i, 0]] \quad (17)$$

$$LX2_i = \max [\max [D_i - X_i, 0] - LX1_i, 0] \quad (18)$$

$$LY1_i = \min [(1-A) \times S_i, \max [S_i - Y_i, 0]] \quad (19)$$

$$LY2_i = \max [\max [S_i - Y_i, 0] - LY1_i, 0] \quad (20)$$

③ 船型의 제약

i 기간중 X港口에서 Y港口로 수송할 컨테이너선인 VX_i 및 Y港口에서 X港口로 수송할 컨테이너선인 VY_i 는 i기간중에 수송할 화물량 보다는 커야 한다. 따라서 船型(Capacity)은 다음을 만족하여야 한다.

$$VX_i \geq D_i + EX_i \quad (21)$$

$$VY_i \geq S_i + EY_i \quad (22)$$

또한, i기간에 2港口間을 운항하는 선박의 船型은 동일하므로 다음과 같다.

$$VX_i = VY_i \quad (23)$$

④ 회송가능한 최대 컨테이너數

컨테이너 운송을 하는 2國家에서 운송하는 물동량의 불균형으로 인하여 컨테이너가 한쪽으로 偏在되어 부족한 지역에 대한 컨테이너 회송이 필요하다. 따라서 본 연구에서도 물동량이 적은 Y港에서 偏在現象이 나타나므로 X港口에서 회송할 회송컨테이너를 $EX_i = 0$ 으로 해서 부족지역에서의 회송은 없게하였다.

회송에 관한 관계식은 다음과 같다.

$$EX_i = 0 \quad (24)$$

$$EY_i = \max [Y_i - S_i, 0] \quad (25)$$

그러나 (24)식에서는 Y港에서 회송할 경우에 $\max [Y_i - S_i, 0]$ 만큼 회송하게 된다면 $Y_i - S_i$ 의 값이 커질 경우 그 수량만큼 계속 회송해야 한다는 불합리한 결과가 나온다.

따라서 본 모형에서는 $Y_i - S_i$ 의 값이 재고량이 커지면 비례해서 커지게 되므로, 이 값이 필요이상으로 커지게 됨을 방지하기 위한 회송가능한 최대컨테이너數(EMX)를 설정하였다. 그러므로 Y港에서 회송할 컨테이너數인 (25)식은 다음과 같이 나타난다.

$$EY_i = \min [EMX, \max [Y_i - S_i, 0]] \quad (26)$$

4. 모형적용

4.1. 컨테이너 적정보유수에 대한 분석

4.1.1. 모형적용 선사의 분석

모형분석의 입력자료로 사용하는 모델선사 "A"의 PSW 및 PNW항로의 입력자료는 다음 표3, 표4 및 표5와 같다.

표3 모델선사의 PSW항로의 입력자료

내 용		자 료
선박척수		6隻
공급지수		2.26
왕복항해일수		42日
기항지수	극 동 지 역	6港
	미 주 서 안	3港
선단 적재능력		26,466TEU (4411TEU×6척)
육상채류일수※	극 동 지 역	40日
	미 주 서 안	40日
극동 → 미주서남안의 연간화물량※※		179,435TEU
미주서남안 → 극동의 연간화물량※※※		151,050TEU

표4 모델선사의 PNW항로의 입력자료

내 용		자 료
선박척수		6隻
공급지수		2.26
왕복항해일수		42日
기항지수	극 동 지 역	3港
	미 주 서 안	3港
선단 적재능력		11,400TEU (1900TEU×6척)
육상채류일수※	극 동 지 역	40日
	미 주 서 안	40日
극동 → 미주서북안의 연간화물량※※		23,710TEU
미주서북안 → 극동의 연간화물량※※※		20,796TEU

※ 육상채류일수는 모델선사의 평균치

※※, ※※※ 1993년도 기준

표5 모델선사 "A"의 미주항로 컨테이너 보유현황
(단위 : TEU)

항 로	전체보유	자사보유	장기임차	단기임차
美 洲 항로	85,734	73,731	5,144	22,291
其 他 항로	35,777	9,601	1,808	8,936
합 계	121,511	83,332	6,952	31,227

전술한 모델식에 의거하여 컨테이너 적정보유 수를 계산하면 모델선사 "A"의 미주항로의 컨테이너 適正保有數는 다음과 같이 구해진다.

컨테이너 適正保有數 =

$$2 \times \frac{(203,145 \times (21 + (3 \times 7))) + (171,846 \times (6 - 3) \times 7)}{365}$$

$$= 2 \times \frac{8,532,090 + 3,698,766}{365}$$

= 66,525 TEU가 된다.

결국 표5와 비교하면, 실제보유보다는 19,209 TEU가 적게 나타난다. 따라서 선사에서 적절한 보유계획을 수립한다면 비용절감이 충분히 가능하다는 것을 암시한다.

컨테이너 適正保有數 모델식에서 알 수 있는 바와 같이 컨테이너 보유량은 화물량 N_x , N_s , 항해시간 T^V 의 증가에 의해 컨테이너數도 증감한다. 따라서, 여기에서는 컨테이너 내륙유동일수 T^C 와 기항간격 T^F 의 영향에 대하여 고찰한다.

4.1.1. 컨테이너 내륙유동일수 및 기항간격이 컨테이너 보유수에 미치는 영향

표6 모델선사 "A"의 변화치

보유수 (TEU)	X물동량 (TEU)	Y물동량 (TEU)	편도항해기간 (日)	기항간격 (日)	m기항회수	n기항회수	유동일수 (日)
52142	203145	171846	21	7	4	2	12
58733	203145	171846	21	7	5	2	14
59933	203145	171846	21	7	5	3	16
66525	203145	171846	21	7	6	3	18
66525	203145	171846	21	7	6	3	20
74317	203145	171846	21	7	7	4	22
74317	203145	171846	21	7	7	4	24
80908	203145	171846	21	7	8	4	26
80908	203145	171846	21	7	8	4	28
88700	203145	171846	21	7	9	5	30
95291	203145	171846	21	7	10	5	32
95291	203145	171846	21	7	10	5	34
103083	203145	171846	21	7	11	6	36
103083	203145	171846	21	7	11	6	38
109674	203145	171846	21	7	12	6	40

표6에서는 모델선사의 자료를 근거로 편도항해 일수인 T^V 가 21일 경우, 내륙유동일수 T^C 와 기항간격 T^F 에 의한 컨테이너의 적정보유수를 보여주고 있다. 즉, 내륙유동일수가 12일 때에는 적정보유수가 52,142 TEU이나 20일 경우에는 66,525 TEU, 40일 경우에는 109,674 TEU로서 내륙유동일수의 증가에 따라 적정보유수는 비례적으로 증가하고 있다.

하지만 컨테이너 내륙유동일수에 및 기항간격

이 컨테이너 適正保有數에 미치는 영향을 보여주는 다음 그림5를 보면 비례적으로 증가할 것이라는 예상과 다름을 알 수 있다.

즉, 그림5에 의하면 기항간격 T^F 별로 볼 경우, 컨테이너 내륙유동일수 T^C 의 증가에 의해 컨테이너數는 증가경향을 나타내고 있다. 그러나 컨테이너 내륙유동일수 T^C 별로 기항간격 T^F 의 영향을 보면 전체적으로는 증가하고 있고, 기항간격 T^F 의 구간에 있어서는 컨테이너는 일정하고, 또

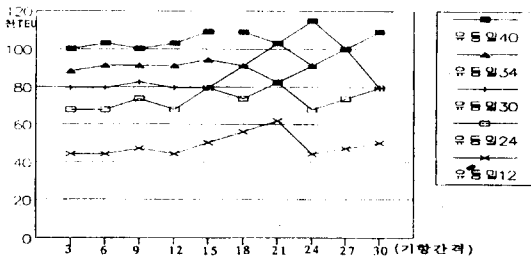


그림5 내륙유동일수 및 기항간격이 適正保有數에 미치는 영향

감소하고 있다. 이것은 (10)식의 우변의 괄호안 제2항의 기항회수 m 의 영향으로 생각된다. 결국 (3)식 의해, 기항간격 T^F 가 증가하여도 기항회수 m 이 변화하지 않는 구간에서는, 컨테이너數는 편도항해기간 T^V 에 비례하여 증가한다. 그러나 Vanning과 Devanning이 연속하여 일어날 때의 컨테이너의 내륙유동일수 $2T^C$ 가 T^F 의 정수배 구간에서는, T^F 가 증가하여도 (10)식의 우변이 $m \cdot T^F$ 가 일정하게 되기 때문에 컨테이너數는 증가하지 않는다. 즉, T^F 가 증가하여도 m 가 감소하는 구간에서는 컨테이너數는 감소해 버린다.

표7 대상기간의 북미항로의 물동량

(단위: TEU)

기간	East Bound 물동량	West Bound 물동량
1기간	3,558	3,054
2기간	3,590	3,090
3기간	3,622	3,126
4기간	3,654	3,163
5기간	3,686	3,198
6기간	3,718	3,234
7기간	3,750	3,271
8기간	3,782	3,307
9기간	3,814	3,343
10기간	3,846	3,378
11기간	3,878	3,415
12기간	3,910	3,450
13기간	3,942	3,488
합계	48,750	42,517

결국 컨테이너 적정보유수의 결정은 관련 변수의 일방적인 변경보다는 컨테이너 육상유동일수, 배선척수에 의한 기항간격 및 컨테이너 유동일수에 의한 기항회수를 상관성 있게 조정함으로써 적정보유수를 확보할 수 있다.

4.2. 컨테이너 운용관리에 대한 분석

4.2.1. 의사결정 모형의 전체

우리나라-美國의 항로인 PSW항로에 있어서 의사결정 모형에서 분석할 모델선사 "A"의 전체 조건은 다음과 같다.

① 단위기간

의사결정 모형에 있어서의 기간은 모델선사의 북미항로에 있어서 배선간격인 7일을 1期間으로 한다. 따라서 본 연구에 있어서는 13기간, 즉 3개월에 걸친 운영관리를 대상으로 한다.

② 물동량

우리나라와 미국간의 항로에 있어서 "추세조정 지수평활법"에 의해 표7과 같이 대상기간인 13기간의 PSW항로의 물동량을 예측하였다.

③ 컨테이너 배치개수

대상기간에 있어서 1기간에 사용하는 컨테이너의 초기 배치개수는 적정보유수 모형에서 거시적 방법으로 구한 58,676 TEU로 하며, 또한 지역별 초기 배치개수는 물동량에 비례하여 우리나라에는 31,685 TEU가 배치되고 미국에는 26,991 TEU가 배치되는 것으로 한다.

④ 내륙운송비율 및 회송가능한 최대 컨테이너개수

모델선사 "A"의 내륙운송비율은 실제 비율인 30%를 이용하고, 회송가능한 최대 컨테이너개수(EMX)는 900 TEU로 결정한다.

⑤ 회송기간

본 연구에서는 회송기간은 컨테이너가 내륙에서 유동하고 있는 本船이 기항하고 있는 회수를 말하므로, 컨테이너 適正保有數 결정모형에서 사용한 내륙유동일수인 20일을 이용하기 때문에 회송기간은 모델선사 "A"의 배선간격인 7일의 3배인 3기간으로 한다.

⑥ 비용의 구성

본 의사결정 모형에서 사용하는 비용은 같이

소유비용, 임대비용, 재고비용 및 회송비용으로 구성되며, 비용산출은 다음과 같다.

가. 임대비용

단위기간에 발생하는 임대비용중 반납비용까지 포함하는 고정비는 20' Dry Container 1개당 \$350가 지출된다. 또한 변동비용인 하루당 임대비용은 모델선사 "A"의 20' Dry Container를 短期賃貸하는 것으로 하며, 모델선사에서 하루당 \$1.6의 임대비용을 지출하고 있어 단위기간인 7일에 약 \$11를 지출한다.

나. 항만비용

항만비용은 선박 입출항 관계비용과 화물처리비용, 기타 부대서비스 비용이 있으나 본 연구에서는 선박입항료, 접안료 및 화물입항료 등을 합한 港灣施設使用料와 컨테이너 1개당 하역료와 마샬링료를 합한 荷役料 및 무료장치기간 후 經過保管料 등으로 구분하여 비교하였다. 북미항로에 위치한 각 항만에서 발생하는 비용은 다음 표 8과 같다.

표8 북미항로 항만하역비 비교

(단위: 원)

항만	항만시설사용료				하역료			경과보관료
	선박입항료	접안료	화물입항료	소계	하역료	마샬링료	소계	
싱가포르	41	5	6,934	6,980	74,279	0	74,279	5,990
홍콩	47	28	N.A.	75	159,942	0	159,942	29,346
카오슝	186	24	11,013	11,223	31,736	40,112	71,848	1,830
기룽	186	24	11,013	11,223	31,736	40,112	71,848	1,830
부산	113	60	4,843	5,016	41,580	63,753	105,333	7,000
도쿄	17	79	847	943	138,686	18,183	156,869	1,849
고베	17	85	1,071	1,173	138,686	16,642	155,328	1,849
요코하마	17	370	1,036	1,423	138,686	0	138,686	1,849
로스엔젤레스	78	0	62,452	62,530	103,826	N.A.	103,826	12,100
롱비치	70	59	60,493	60,622	179,550	N.A.	179,550	7,260
오클랜드	70	35	62,452	62,557	103,826	0	103,826	4,684
시애틀	145	35	21,468	21,648	98,347	0	98,347	991
뉴욕	0	145	3,396	3,541	160,554	N.A.	160,554	7,807

자료: 해운산업연구원(KMI)조사 자료

다. 재고비용

재고비용에서 수리비 및 보험료는 단위기간당 안 20' Dry Container 1개당 \$60가 발생하고 있고, 또한 우리나라 및 미국에서 발생하는 비용은 표8에서 경과보관료를 포함하고 있는데, 모델선사 "A"에서는 자사 터미널이 없기 때문에 경과보관료를 지출하고 있다. 경과보관료는 표8에서 하루당 발생하는 것으로 산정하였기 때문에 우리나라에서는 단위기간당 \$15가 발생하고 미국에서는 \$20가 발생된다. 따라서 단위기간당 재고비용은 우리나라에서 \$75가 발생하며, 미국에서는 \$80가 발생한다.

라. 소유비용

20' Dry Container의 경우 鐵製는 내용연수가 10년이고, 모델선사 "A"에서 \$2,400로 구입되고 있다. 본 연구에서는 이자를 고려하지 않은 20' Dry Container 1개당 하루에 발생하는 소유비용

은 \$0.7이다. 따라서 단위기간당 발생하는 소유비용은 \$5이다.

마. 회송비용

본 연구의 회송비용 구성에서는 회송시에 발생하는 분선에 의한 해상운송비용 및 육상수송수단에 의한 육상운송비용을 고려하지 않고 적양하에 따른 諸費用만 고려하였다. 따라서 표8에 의해서 하역비를 포함한 20' Dry Container 1개당 단위기간의 비용은 우리나라에 있어서는 \$130이고 미국의 경우 \$225로 결정하였다.

4.2.2. 모델선사 "A"의 운용관리 분석

의사결정 모형으로 분석한 13기간 동안의 모델선사 "A" 컨테이너 운용에서 발생한 비용을 살펴보면 다음 표9와 같고, 13기간동안의 총 운용비용은 82,763千달러이다.

표9 모델선사 "A"의 비용발생 항목

		단위비용(\$)	발생내역(TEU)	비 용(\$)
소 유 비 용		5	58,676	3,813,940
임대비용	고정비	350	0	0
	간접비	11	0	0
재고비용	한 국	75	335,864	25,189,854
	미 국	80	639,084	51,126,760
회송비용	한 국	130	0	0
	미 국	225	11,700	2,632,500
합 계			\$82,763,055	

4.2.3. 회송에 대한 분석

표10 및 그림6은 모델선사 "A"의 분석에서 이용한 자료를 이용하여 분석한 것으로, 내륙운송비율 A=0.3이며 회수기간은 3기간일 경우 空컨테이너 회송의 최대수인 EMX의 값이 변함에 따라 전체비용이 변함을 나타내는데, 표10 및 그림6을

살펴보면 EMX의 값이 커짐에 따라 전체비용이 증가하고 EMX가 증가함에 따라 전체 비용이 약간 감소했다가 다시 증가하게 된다. 이 현상들을 다시 음미해 보면 EMX의 결정은 주변 변수에 따라 결정되어야 한다는 것을 알 수 있다.

표10 EMX의 변화에 의한 비용의 변화

(단위: 달러)

	EMX 0 TEU	EMX 300 TEU	EMX 600 TEU	EMX 900 TEU
1기간	4317865	4361365	4404865	4448365
2기간	3801415	3843415	3885415	3927415
3기간	3639268	3679768	3720268	3760768
4기간	3475420	3514420	3553420	3592420
5기간	4232712	4270212	4307712	4345212
6기간	4996964	5032964	5068964	5104964
7기간	5767936	5802436	5836936	5871436
8기간	6545853	6578853	6611853	6644853
9기간	7330701	7362201	7393701	7425201
10기간	8122506	8152506	8182506	8212506
11기간	8921128	8949628	8978128	9006628
12기간	9726686	9753686	9780686	9807686
13기간	10539101	10564601	10590101	10615601
총비용	81417555	81866055	82314555	82763055

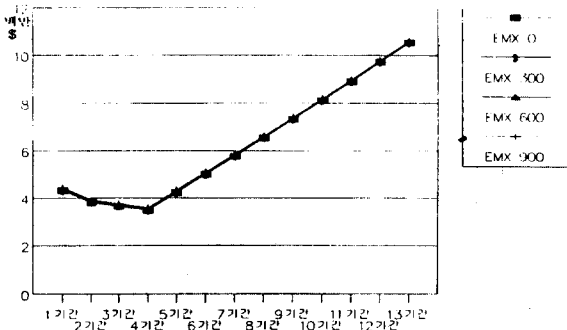


그림6 EMX의 변화에 의한 비용의 변화

4.2.4. 내륙운송 비율에 대한 분석

표11 및 그림7에서 EMX는 300TEU로 하고,的空컨테이너 회수기간은 3기간일 경우 내륙운송비율 A값의 변화에 따른 전체비용의 변화를 살펴보면 A=1에서 전체비용이 최소값을 나타낸다. 일반적으로 A=0에서, 즉 컨테이너의 회수가 빠를때 최소값을 가진다고 생각할 수 있으나 실제로 컨

테이너의 회수가 빠르면 재고비용이 증가하게 되므로 전체비용이 증가하게 된다. A=1일 때에도 극단적인 CY화물은 재고관리에 많은 지장을 초래하고 있다. 따라서 CY 및 CFS 화물을 적절히 조정해야 할 것이다.

4.2.5. 空컨테이너 회수기간에 대한 분석

표12 및 그림8은 내륙운송비율이 30%이며 EMX가 300TEU일 경우에 있어서 空컨테이너 회수기간인 K에 대해 분석을 하였는데, 4기간까지는 동일한 비용이 지출되나 4기간을 변경점으로 하여 空컨테이너 회수기간이 길수록 비용이 증가하고 있다. 일반적으로 컨테이너의 회수가 빠를수록 운용관리에 유리하다고 하지만 K=2일 경우의 비용을 따져보면 계속적으로 비용이 증가하고 있다. 즉 회수기간이 너무 빠른 경우 CY에서의 재고비용이 증가하기 때문이다.

표11 내륙수송비율의 변화에 의한 비용의 영향

(단위: 달러)

	비율0%	비율30%	비율70%	비율100%
1기간	4361365	4361365	4361365	4361365
2기간	3843415	3843415	3843415	3843415
3기간	3833875	3679768	3474292	3320185
4기간	3824212	3514420	3101364	2791572
5기간	4668552	4270212	3739092	3340752
6기간	5520649	5032964	4382717	3895032
7기간	6380205	5802436	5032078	4454309
8기간	7247445	6578853	5687397	5018805
9기간	8122442	7362201	6348546	5588305
10기간	9005157	8152506	7015637	6162985
11기간	9895429	8949628	7688560	6742759
12기간	10793389	9753686	8367416	7327714
13기간	11699002	10564601	9052067	7917666
총비용	89195137	81866055	72093946	64764864

표12 공간테이너 회수기간에 따른 비용의 변화

(단위: 달러)

	회수기간2	회수기간3	회수기간4	회수기간5
1기간	4361365	4361365	4361365	4361365
2기간	3843415	3843415	3843415	3843415
3기간	3679768	3679768	3679768	3679768
4기간	3514420	3514420	3514420	3514420
5기간	3985572	4270212	4554852	4839492
6기간	4461124	5032964	5604804	6176644
7기간	4940836	5802436	6664036	7525636
8기간	5424933	6578853	7732773	8886693
9기간	5913401	7362201	8811001	10259801
10기간	6406266	8152506	9898746	11644986
11기간	6903388	8949628	10995868	13042108
12기간	7404886	9753686	12102486	14451286
13기간	7910681	10564601	13218521	15872441
총비용	68750055	81866055	94982055	108098055

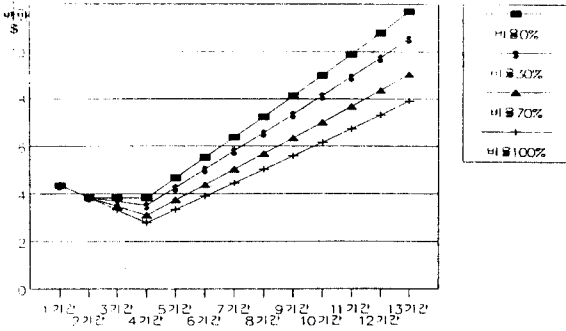


그림7 내륙수송비율의 변화에 의한 비용의 영향

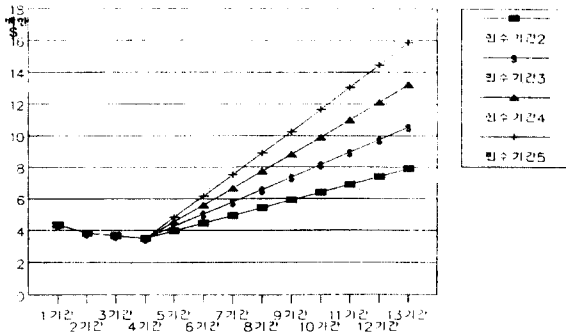


그림8 empty 컨테이너 회수기간에 따른 비용의 변화

5. 결론

본 연구에서는 국제 해상 컨테이너의 運用管理 문제를 컨테이너의 컨테이너 適正保有數와 回送計劃 문제를 포함한 의사결정 문제로 나누어서 분석하였다.

모델선사인 국적 "A"선사가 운영하고 있는 自社保有 컨테이너(長期貸借 컨테이너 포함)數의 범위내에서 항로간의 화물량을 예측하였는데, 다양한 예측모형중에서 平활상수 0.33 및 추세조정상수 0.1을 이용한 "추세조정지수평활법"을 이용하여 물동량을 예측하였다.

또한 컨테이너 適正保有數를 결정하는 모델식을 분석하였다. 특히 기존의 연구에서는 컨테이너 내륙유동일수 즉, 컨테이너선이 항구에 입항하여

하주에게 반출된 후 다음 항구로 향하는 동안의 기간에 대한 체계적인 분석이 없었으나 본 연구에서는 컨테이너 회전시간을 조사하여 분석하였다.

의사결정 모형의 분석결과로 첫째, empty 컨테이너의 회송은 회송비용이 입차비용보다 작고, 어느 한 지역에 적체현상이 일어나서, 재고비용이 커질 때 가능하며, 회송비용은 입차비용 및 재고비용과 밀접한 상관관계에 있다. 둘째, 내륙운송의 비율에 대한 분석에서는 극단적인 CY화물은 재고관리에 지장을 초래하고, 과도한 CFS화물도 재고관리비용을 증가시킴으로 인해서 전체비용을 증가시킨다. 적절한 CY, CFS 화물의 비율은 주변상황에 따라 결정해야 한다. 셋째, empty 컨테이너 회수기간은 일반적인 관념과 같이 회수기간이 빠를수록 유리하다는 것을 반증해 주고 있다. 이는 회수기간이 너무 빠른 경우는 CY에서의 재고비용이 증가하기 때문이다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 컨테이너 운영관리에 큰 영향을 미치는 empty 컨테이너의 내륙유동일수를 선사의 제공자료와 2차 자료를 이용하였지만, empty 컨테이너의 종류별 및 형태별에 의한 체계적이고 상세한 분석이 필요하다. 둘째 물동량과 empty 컨테이너 내륙유동일수 그리고 기중점별 물동량 등의 불확정 요소를 확정적으로 취급하였지만 이러한 것들을 확률적으로 취급하는 운영관리 모형이 마련되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 朴南奎, 『컨테이너 運送에 있어서 empty 컨테이너 適正保有數 決定에 관한 研究』, 碩士學位論文, 서울: 韓國外國語大學校, 1986.
- [2] 音田幹也, 『コンテナ 適正保有數에 關する 考察上・下』, 海運, 東京: 日本海運集會所, 5月號, 1978.
- [3] 金源垌, 『效率的 empty 컨테이너 在庫管理에 關한 研究』, 碩士學位論文, 서울: 韓國外國語大學校, 1986.
- [4] 朴鎮洙, 『海上輸送 empty 컨테이너의 在庫管理에

- 관한 연구』, 碩士學位論文, 釜山: 東亞大學校, 1990.
- [5] Chang, Y. L. and Sullivan, R. S., "*Quantitative Systems for Business Version 1.5*", New York: Prentice-Hall, Inc., 1986.
- [6] Lee, S. M., "*MS Keyware Version 4.1*", Nebraska: University of Nebraska-Lincoln, 1992.
- [7] 金宇哲 外, 『現代統計學』, 서울: 英志文化社, 1988.
- [8] 田一秀·金學韶·金範中, 『우리나라 컨테이너 港灣의 國際競爭力 提高方案에 關한 研究』, 서울: 海運産業研究院, 1993.
- [9] 金基永·郭魯均, 『計量意思決定論: 經營問題解決의 計量的 接近』, 서울: 法文社, 1985.
- [10] 金澤完, 『國際海上輸送에 있어서의 컨테이너 化에 關한 研究』, 國民大學經濟論叢, 서울: 國民大學, 1978.
- [11] 朴景洙, 『資材管理 및 在庫統制』, 서울: 究學社, 1989.
- [12] 洪勝基, 『컨테이너 在庫管理 擬制小考』, 서울: 海洋韓國, 1979.10月號.
- [13] 山本敏, 『最新輸送の實務とコンテナ輸送』, 東京: 成山堂, 1977.
- [14] 中尾朔郎, 『國際コンテナ輸送實務指針』, 東京: 海文堂, 1978.
- [15] Datz, I. M., "*Planning Tools for Ocean Transportation*", Cambridge: Cornell Maritime Press, Inc., 1971.
- [16] David, B. and James B., "*Integrated Production Control Systems*", Chichester: John Wiley & Sons, 1987.
- [17] Jansson, J. O., "*Transport System Optimization And Pricing*", London: The Pitman Press, 1984.
- [18] NYK Line Research Division, "*World Container Ship Fleet And Its Operation*," Tokyo: 1980-1993.
- [19] Schrage, L., "*User's Manual for Linear, Integer, and Quadratic Programming with LINDO*", New York: The Scientific Press.
- [20] Willumsen, L. G. and Ortúzar, J. D., "*Modeling Transport*", Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1990.