

# 부산항 컨테이너 물류 시스템의 비용분석에 관하여

박창호\* · 이철영\*\*

## On the Cost Analysis of Container Physical Distribution System in Pusan Port

*Chang-ho Park, Cheol-yeong Lee*

### 〈目 次〉

#### Abstract

1. 서 론
2. 시스템의 구성
  - 2.1 개 요
  - 2.2 시스템 모델의 설계
3. 물류시스템의 비용분석
  - 3.1 선박 입출항 비용
  - 3.2 하역·이송·보관 비용
  - 3.3 내륙수송비

- 3.4 폭주비용
  4. 비용분석에 의한 시스템의 최적처리수준
    - 4.1 BCTOC의 컨테이너 최적처리수준
    - 4.2 폭주비용을 고려한 BCTOC의 컨테이너 최적처리수준
  5. 결 론
- 참고문헌

### Abstract

This paper aims to determining the optimal capacity of Pusan port in view point of Container Physical Distribution cost. It has been established a cost model of the container physical distribution system in Pusan port is composed of 4sub-systems and in-land transport system, Cargo handling system, transfer & storage system and in-land transport system, and analyzed the cost model of the system. From this analysis, we found that the system had 7 routes including in-land transport by rail or road and coastal transport by feeder ship between Pusan port and cargo owner's door. Though railway transport cost was relatively

\* 正會員, 韓國海洋大學

\*\* 正會員, 韓國海洋大學 教授

cheap, but, it was limited to choose railway transport routes due to the introducing of transport cargo allocation practice caused by shortage of railway transport capacity. The physical distribution cost for total import & export container through Pusan port was composed of 4.47% in port entering cost, 12.98% in cargo handling cost, 7.44% in transfer & storage cost and 75.11% in in-land transport cost.

Investigation in case of BCTOC verified the results as follows.

- 1) The optimal level of one time cargo handling was verified 236VAN(377TEU) and annual optimal handling capacity was calculated in 516,840VAN(826,944TEU) where berth occupancy is  $\rho=0.6$  when regardless of port congestion cost,
- 2) The optimal level of one time cargo handling was verified 252VAN(403TEU) and annual optimal handling capacity was calculated in 502,110VAN(803,376TEU) where berth occupancy is  $\rho=0.58$  when considering of port congestion cost.

## 1. 서 론

일반적으로 流通이란 생산자와 소비자 사이의 商的 및 物的 移動을 말하는데, 재화의 소유권이전을 商的流通(商流)이라 하며 시간적 및 공간적 이동을 物的流通(物流)이라한다. 물론 유통과정에서도 일부 생산행위가 이루어져서 생산과 유통을 애매하게 만드는 요소가 있긴 하나 본 논문에서는 컨테이너 화물유통의 물류과정 중 부산항을 경유하여 소비자 까지 이동되는 부산항 컨테이너의 물류과정을 시스템화 한다.

앞서 발표된 논문에서는 부산항 컨테이너 물류시스템의 처리능력에 관하여 다루었으나 본 논문에서는 부산항의 컨테이너 물류 시스템을 선박 입출항 시스템, 港内 荷役·移送·保管 및 港外移送·保管 시스템 내륙수송시스템 등의 부차 시스템으로 분류하고 시스템 분석을 위한 모델을 설계하여, 물류과정의 하역·이송·보관 비용을 분석한다. 시스템 분석의 목적은 物流費用을 고려한 부산항 컨테이너 부두의 최적 처리량을 결정하는 것이며 폭주비용을 고려한 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 분석하기로 한다. 여기서 폭주비용이라 함은 부산항 입출항시 선석 부족등에 의한 선박의 대기시간 비용과 부산시 도시교통 폭주에 의한 컨테이너 수송차량의 지연에 따른 시간 비용을 말하며, 컨테이너 화물 자체의 지연 시간 비용은 고려대상에서 제외한다.

## 2. 시스템의 구성

### 2.1 개 요

부산항의 컨테이너 물류시스템을 선박 입출항 시스템, 항내 하역·이송·보관 시스템, 항외 이송·보관 시스템, 내륙 연계수송 시스템 등 4개의 부차 시스템으로 나누며, FCFS(First Come First Service)원칙에 따라 선박 접안 순서가 결정된다고 가정한다. 부산항은 우리나라 수출입 컨테이너의 약 95%를 차지하고 있는 우리나라 제1의 항만이며, 세계 제 6위의 대규모 컨테이너항이다. 하지만, 컨테이너 물류 시스템은 선석의 부족으로 입출항 선박에 심한 폭주현상을 보이고 있으며, 대부분의 컨테이너 화물이 부산시의 주요간선도로를 경유하여 시내에 산재한 34개의 ODCY로 이송·보관되었다가 내륙수송되므로 부산시 도시교통시스템과 밀접한 상관관계를 형성함으로써 釜山港컨테이너物流시스템에 부산시 도시교통이 중요한 제한요소로서 작용하고 있다.

이와같은 부산항 컨테이너물류시스템과정을 經路別로 分析하기 위한 수송네트워크 모델을 圖示하면 Fig.1과 같다.

부산항 컨테이너 화물의 양하는 BCTOC의 5·6부두와 1·2·3·4 및 중앙부두에서 이루어지며, BCTOC에서 컨테이너 화물은 FCL일 경우 T/C장치장 및 S/C 장치장에, LCL일 경우 CFS에, 빈 컨테이너일 경우 빈 컨테이너 장치장에 각각

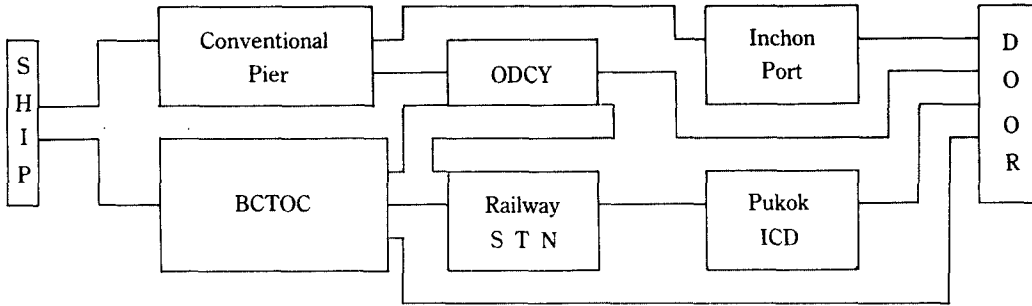


Fig. 1 The Network Model of Container Cargo Transport in Pusan Port.

장치되었다가 일반적으로 ODCY를 경유하여 육송되지만 ODCY를 거치지 않고 철도 또는 公路로 직송되기도 한다. 또한 재래부두에서 양하된 화물은 대부분 직상차되어 ODCY로 이송된 후 수하주의 문전까지 철도 또는 公路로 내륙수송된다. 한편, 내륙수송로의 폭주를 감안하여 인천항까지 피더선으로 연안수송 후 수하주의 문전까지 내륙수송되기도 한다. 이러한 물류과정은 다음과 같은 7개 경로로 나눌 수 있다.

1) Route 1

BCTOC 및 ODCY 를 경유하는 육송경로로서, 갠트리크레인(G/C)에 의해 양하된 컨테이너는 야드트랙터(Y/T)에 의해 이송되어 화물의 특성에 따라 BCTOC의 각 장치장에 장치되었다가 샷시트랙터(C/S)에 의해 Off Dock CY로 셔틀 이송된 후 수하주의 요청에 따라 문전까지 육송된다.

2) Route 2

BCTOC에서 보세운송으로 수하주의 문전까지 직송되는 경로로서, G/C에 의해 양하된 컨테이너는 Y/T에 의해 이송되어 화물의 특성에 따라 BCTOC의 각 장치장에 장치된 후 개품운송 또는 보세운송으로 수하주의 문전까지 육송된다.

3) Route 3

재래부두에서 양하된 화물이 ODCY를 거쳐 수하주의 문전까지 육송되는 경로로서, 재래부두에서 본선 하역기기인 Munk Crane이나 Zip Crane 또는 Movable Crane에 의해 양하된 컨테이너 화물이 ODCY로 셔틀 이송된 후 수하주의 요청에 따라 문전까지 육송된다.

4) Route 4

BCTOC에서 양하된 화물이 철도로 부산진역의 화차 접속을 거쳐 부곡 ICD로 철송된 후 수하주의 문전까지 육송되는 경로로서, BCTOC에서 G/C로 양하된 컨테이너 화물이 Y/T에 의해 BCTOC내 철송 장치장으로 이송되어 화차에 이적되고, 부산진역에서 철도접속과정을 거쳐 부곡ICD까지 철송된 다음 부곡 ICD 에서 수하주의 요청에 따라 수하주의 문전까지 육송된다.

5) Route 5

BCTOC에서 양하된 화물이 일단 ODCY로 이송되었다가 부산진역을 경유하여 철송되는 경로로서, BCTOC에서 G/C에 의해서 양하된 화물이 Y/T에 의하여 BCTOC의 장치장에 장치되었다가 확실한 수송스케줄이 없을 경우 일단 ODCY까지 셔틀 운송되어 장치된 다음 부산진역을 경유하여 부곡 ICD로 철송된 후 수하주의 문전까지 육송된다.

6) Route 6

재래부두에서 양하된 컨테이너 화물이 ODCY로 이송되었다가 부산진역을 통하여 철송되는 경로로서, 재래부두에서 양하된 컨테이너 화물이 ODCY로 셔틀운송된 후 부산진역을 경유하여 부곡 ICD까지 철송되었다가 수하주의 문전까지 육송된다.

7) Route 7

재래부두에서 양하된 컨테이너화물이 피더선에 환적되어 인천항으로 연안수송된 후 수하주의 문전까지 육송된다.

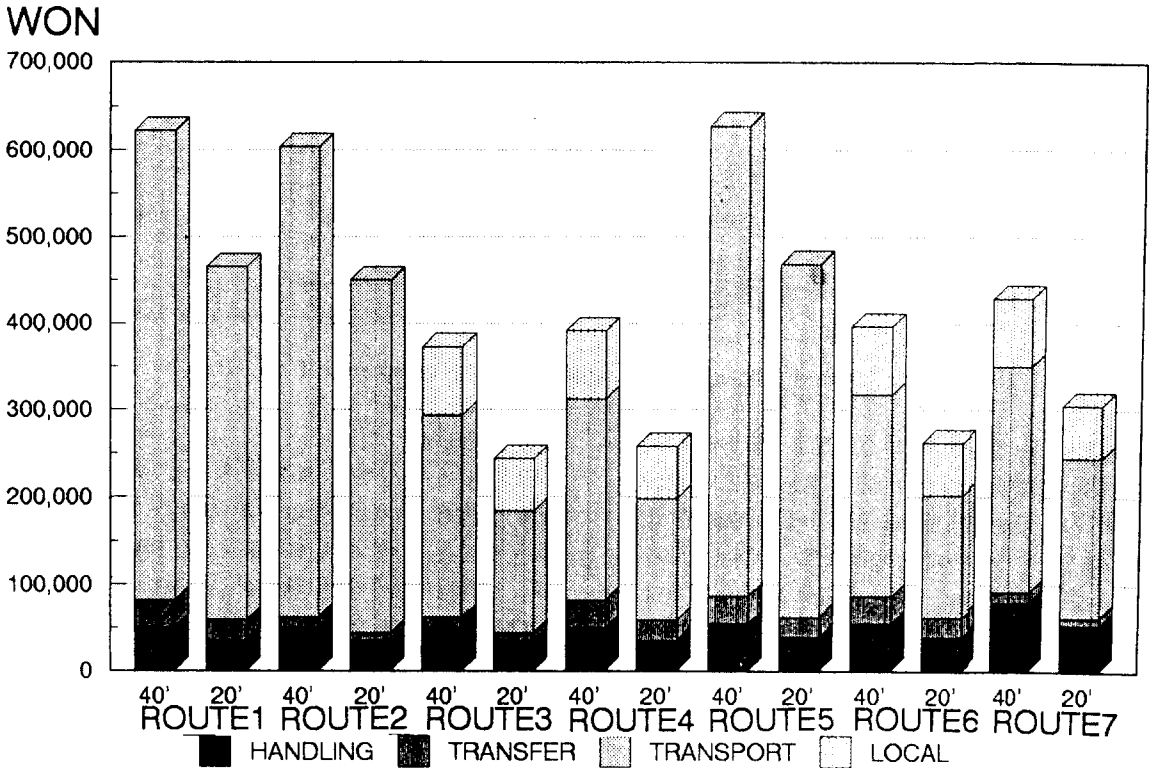


Fig. 2 Container Physical Distribution Cost of Each Route in Pusan Port

이상의 각 경로에 대한 1VAN당 수송비용을 圖示하면 Fig.2와 같다. (자료: 해운항만청)

항내 하역에 있어서는 BCTOC를 이용하는 것이 재래부두를 이용하는 것 보다 작업이 빠르고 비용도 적게 드는데 하역할 부두의 선정은 항만청의 선석회의에서 접안부두가 할당되므로 터미널 사용자에게는 선택의 폭이 대단히 제한되어 있다. 또한, 경로별 수송비용에 있어서도 육송보다는 철송쪽이 훨씬 적은 비용이 소요되므로 철송이 상당히 유리할 것 같지만 철송과 육송의 연계관계 부족 및 비효율성 그리고 철송능력의 심한 부족현상 등의 이유로 컨테이너화물을 철송하는 문제는 철송화물분량을 수송회사에 할당해 주기 때문에 수송업자의 의지대로 자유로이 수송경로를 선택할 수 없게 되어 있다. 따라서, 대부분의 화물은 ODCY를 거쳐 公路로 陸送된다.

## 2.2 시스템 모델의 설계

부산항을 경유하는 컨테이너 화물의 物流費는 복합적인 요소에 의하여 발생되므로 명확한 항목별 구분은 어려우나 컨테이너 화물의 物流過程을 시스템적으로 分析하기 위한 시스템 요소를 선박 입출항 비용과 부두에서의 하역·이송·보관 비용 그리고 항외 이송·보관 및 내륙수송비용 등으로 나누어 시스템 모델을 설계하기로 한다. 먼저, 컨테이너 화물의 해상 수송을 위한 선박의 港稅는 통신키, 입출항 수수료, 정박료, 통선료, 입항료, 접안료, 도선료, 예선료, 강취방료, 등대 사용료, 본선 경비료, 청소비 등을 등록 톤당 또는 화물톤당 비용으로 징수하고 있으며, 터미널 운용비는 본선 하역료, 선창 개폐료, 결속대, 검수료, 크레인 사용료 등의 본선 작업비와 부두사용료, CY조작료, 화물 경비료 등의 터미널 야드 작업비,

노조기금, 세관특허료 등을 징수한다. 그리고 항내 하역·이송·보관비는 컨테이너 전용부두인 BCTOC와 재래부두에서 각각 상이하게 징수하고 있으며, 컨테이너 화물의 하역 시점과 수송경로의 특성에 따라 Free Period 및 運賃水準이 조금씩 차이가 있다. 또한, 항외 이송·보관 및 내륙수송비도 철송의 경우 上行과 下行이 다르며, 陸送의 경우 컨테이너 陸送料率은 왕복운임 적용이 원칙이나, 부산 CY와 경인 지역간 육송요율에서는 화물 수입시 船社가 경인지역의 내륙 CD 및 CY 설치를 인정하고 빈컨테이너를 장치할 경우와 화물 수출시 경인지역 CD 및 CY에 장치된 빈컨테이너를 사용했을 경우에 한해서는 약정된 片道料率을 적용하고 있다. 이상과 같은 여러 경우를 각각 분석하기는 복잡하고 비효율적이므로 物流過程別로 平均하여 시스템의 最適水準算定모델을 설계하기로 한다.

모델설계는 기본모델을 설계한 후에 선박의 폭주 및 도시교통체증을 고려한 부산항 컨테이너 부두의 처리수준을 산정하는 모델을 설계한다.

기본 모델 설계에서 선박 입출항비, 선박 하역비, 항내 이송·보관비, 항외 이송·보관비, 내륙수송비를 고려하여 연간 총 물류비를 구하는 식은 다음과 같다.

$$F(W) = E(W) + H(W) + P(W) + O(W) + T(W) \\ = (A/W) \cdot u + (A/W) \cdot c + n \cdot W \cdot v + n \cdot (W/s) \cdot p + n \cdot (W/s) \cdot t \dots\dots (1)$$

여기서,

- F(W) : 연간 총 물류비
- E(W) : 입출항비
- H(W) : 선박하역비
- P(W) : 항해 이송 및 보관비
- O(W) : 항외 이송·보관비
- T(W) : 내륙수송비
- W : 1회 선박 하역량(VAN/ship)
- n : 연간 총 하역회수
- A : 연간 총 컨테이너 물동량(VAN)
- s : 차량의 1회 컨테이너 이송 및 수송량(VAN/vehicle)

- u : 선박의 1회 입출항비(원/ship)
- c : 선박의 1회 하역비(원/ship)
- v : 컨테이너 1VAN의 항내 이송비(원/VAN)
- p : 차량의 1회 컨테이너 이송·보관비(원/vehicle)
- t : 차량의 1회 컨테이너 수송비(원/vehicle)

식(1)을 선박의 1회 하역량인 W로 편미분하여 최적 1회 하역량 W\*를 구하면,

$$\frac{\partial F(W)}{\partial W} = -\frac{A \cdot u}{W^2} - \frac{A \cdot c}{W^2} + n \cdot v + \frac{n \cdot p}{s} + \frac{n \cdot t}{s}$$

$$\therefore W^* = \left( \frac{A \cdot s \cdot (u+c)}{n(s \cdot v + p+t)} \right)^{1/2} \dots\dots (2)$$

가 되어 최적 1회 하역량이 결정된다. 따라서, 최적 연간 하역량은

$$Q^* = W^* \cdot N \dots\dots\dots (3)$$

여기서,

- Q\* : 최적 연간 하역량
- W\* : 최적 1회 하역량
- N : 연간 선석점안가능회수

가 된다. 여기에 선박의 폭주로 인한 대기비용과 항외이송 및 내륙수송시 도시교통 체증에 의한 차량지연비용을 고려한 연간 총 물류비 G(W)를 구하는 식은 아래와 같다.

$$G(W) = \frac{A(u+c+q_1)}{W} + nW \left( v + \frac{P+t+q_2}{s} \right) \dots\dots\dots (4)$$

여기서,

- W : 선박의 1회 하역량(VAN/ship)
- n : 연간 총 하역회수
- A : 연간 총 컨테이너 물동량(VAN)

- s : 차량의 1회 컨테이너 이송 및 수송량 (VAN/vehicle)
- u : 선박의 1회 입출항비(원/ship)
- c : 선박의 1회 하역비(원/ship)
- p : 차량의 1회 컨테이너 이송 · 보관비(원/vehicle)
- t : 차량의 1회 컨테이너 수송비(원/vehicle)
- q<sub>1</sub> : 선박 1척의 폭주비용
- q<sub>2</sub> : 차량 1대의 폭주비용

식(4)를 편미분하여 폭주비용을 고려한 1회 최적 하역량 W\*\*를 구하면,

$$\frac{\partial F(W)}{\partial W} = - \frac{A \cdot (u+c+q_1)}{W^2} + n(v + \frac{p+t+q_2}{s}) \therefore W^{**} = \left( \frac{A \cdot s \cdot (u+c+q_1)}{n(s \cdot v + p+t+q_2)} \right)^{1/2}$$

..... (5)

따라서, 폭주비용을 고려한 최적 연간 하역량은 아래와 같다.

$$Q^{**} = W^{**} \cdot N \text{ ..... (6)}$$

여기서,

- Q\*\* : 폭주를 고려한 최적 연간 하역량
- W\*\* : 폭주를 고려한 최적 1회 하역량
- N : 연간 선석접안가능회수

### 3. 물류시스템의 비용분석

#### 3.1 선박 입출항 비용

선박이 부산항에 입출항할 때는 아래와 같은 비용을 항만당국에 지불한다.

가) 입항료 (Port Due)

매 선박 입항시 지불하는 비용으로 선박의 총 톤수(GRT)를 Gt라 두면 다음 식에 의하여 계산된다.

$$\text{입항료} = 113\text{원} \times Gt \times 0.9^{*1}$$

나) 정박료 (Anchorage)

입출항 선박이 묘박지(Anchorage)를 사용할 경우 지불하는 비용으로 선석대기 및 황천피항시는 無料이다. 사용시간단위는 12시간이 1 term이며 총시간을 12로 나누어 남은 시간은 다시 6시간으로 나누어 0.5 term으로 하고 나머지 시간은 0.5 term으로 간주한다. 정박료는 다음과 같이 계산한다.

$$\text{정박료} = 158\text{원} \times Gt \times 0.1 \times 0.9^{*1} \times \text{term}$$

다) 접안료 (Dockage)

선박의 접안시 지불하는 비용으로 다음과 같이 계산한다.

$$\text{접안료} = 301\text{원} \times Gt \times 0.1 \times 0.9^{*1} \times \text{term}$$

라) 예선료 (Towage) 선박이 입출항시 사용하는 예선(Tugboat)의 수와 크기에 따라 달리 지불하는 비용으로 3만 DWT-5만 DWT의 컨테이너선은 통상 2-3척의 예선을 사용하며, 매회 사용 예선 적당 평균 40만원 정도를 지불한다.

마) 도선료 (Pilotage)

선박입출항시 도선사에 의한 도선시 지불하는 비용으로 3만-5만 DWT의 컨테이너선은 통상 매회 선박당 50만원 정도 지불한다.1990년 1년간 BCTOC에 기항한 컨테이너선은 총 1,588척이었으며 그중 3만 DWT급 선박이 전체의 50%를 차지하고 있었다. 연간 컨테이너 취급 물량은 130만 TEU이었으며 20'컨테이너와 40'컨테이너의 비율은 40 : 60이었다. 선박의 평균접안시간은 선박접안작업시간을 포함하여 16시간이었으며 선박당 1회 수송화물은 819TEU이었다.<sup>11)</sup> 부산항에 입출항한 선박의 연간 입출항비 E(W)는 입항료와 접안료 그리고 예선료 및 도선료를 기본비로 한다. 현행 부산항에서는 선석부족으로 인한 접안대기를 목적으로 묘박지에서 정박할 경우 정박료는 면제되므로 비용항목에서 정박료는 제외한다. 따라서, 부산항 입출항 평균선박을 3만 DWT급으로 하면 1990년 1년간 입출항비 E(W)는

$$E(W) = A \cdot u / W = 22,414,864,500(\text{원})$$

이다. 이때, 연간 총 컨테이너물동량 A는 1,418,750VAN(2,270,000TEU)이고, 평균선박의 1회 수송화물량 W는 512VAN(819TEU)이며, 평균선박의 1회 입출항비 u는

$u = \text{입항료} + \text{접안료} + \text{예선료} + \text{도선료} = 8,089,100 \text{원이다.}$

### 3.2 하역·이송·보관 비용

#### 1) 항내 하역비

부산항의 컨테이너화물 처리는 BCTOC와 재래부두로 나뉘어 있으므로 각각 2분하여 분석하기로 한다.

#### 가) BCTOC

BCTOC는 컨테이너 전용부두로서 5,6부두에 4개의 선석을 갖추고 있다. BCTOC의 기본료는 본선하역료와 마살링료를 합한 값이다. 여기에 移船積(T/S), 移積(shifting) 등의 추가작업이 있을 때 마다 비용이 추가되며 항내보관료는 일반 컨테이너일 경우 수입 5일 수출 4일, 보세운송일 경우 수입 7일 수출 5일 동안은 무료이지만 Free Period가 경과한 후 부터는 누진적으로 요금이 증가한다. BCTOC에서의 하역비는 본선하역료와 마살링료를 계산하면 된다. 따라서, 1990년 1년간 BCTOC에서 처리한 수출입 컨테이너 130만 TEU(812,539 VAN)의 항내하역비  $H_1(W)$ 는

$$H_1(W) = A_{H1} \cdot c/W$$

$$= 35,679,223,630(\text{원})$$

여기서,

- $H_1(W)$  : BCTOC에서의 항내 하역비
- $A_{H1}$  : BCTOC의 연간 총 컨테이너 물동량(812,500 VAN)
- $W$  : 선박의 1회 화물량(512 VAN)
- $c_1$  : 선박의 1회 하역비(22,483,400 원)

이 된다.

#### 나) 재래부두

재래부두는 1,2,3,4 및 중앙부두이며 공칭 컨테이너 처리능력은 5선석을 컨테이너선에 할당할 경우 36만 TEU인데 반하여 1990년 컨테이너 처리실적은 97만 TEU로 상당량을 초과처리하였다. 재래부두에서는 피더선에 의해 인천까지 연안수송되는 일부 컨테이너화물을 제외하고는 대부분의 화물이 직상차되어 선적 또는 양하되므로 재래부두내에서의 하역·이송·보관비는 터미널 기본비만 계산하면 된다. 1990년 재래부두에서 처리한 수출입컨테이너 97만 TEU(606,250VAN)의 항내 하역·이송·보관비  $H_2(W)$ 는

$$H_2(W) = A_{H2} \cdot c_2/W$$

$$= 29,401,306,250(\text{원})$$

여기서,

- $H_2(W)$  : 재래부두에서의 항내 하역비
- $A_{H2}$  : 재래부두의 연간 총 컨테이너 물동량(606,250 VAN)
- $W$  : 선박의 1회 화물량(512 VAN)
- $c_2$  : 선박의 1회 하역비(24,830,464 원)

이 된다.

#### 2) 항내 이송·보관비

재래부두내에서의 이송·보관비는 대부분의 화물이 직상되어 항외 이송되므로 무시하고, BCTOC에서의 항내 이송·보관비만 고려하면 된다.

BCTOC의 컨테이너 화물은 90% 정도가 ODCY를 경유하여 수송되므로 CFS를 경유하거나 BCTOC 철송지역을 경유하여 직반출되거나 보세운송으로 직송되는 10% 정도의 컨테이너 화물만이 항내 이송을 하게 된다. 그리고, 대부분의 수출입 화물이 Free Period 이내에 처리되므로 부산항 전체 컨테이너화물의 10%에 대한 구내 이적비만 계산하면 된다. 따라서, 항내 이송·보관비  $P(W)$ 는

$$P(W) = n \cdot W \cdot v \cdot 0.1$$

$$= 1,534,380,288(\text{원})$$

여기서,

- $P(W)$  : 항내 이송·보관비
- $n$  : 연간 총 선박 하역회수(2771 회)
- $W$  : 선박의 1회 하역량(512 VAN/ship)
- $v$  : 차량의 1회 항내이송비(10,815 원)

이 된다.

그런데, 만약 수출입 화물 중에서 Free Period를 경과하리라 예상되는 화물이 있을 경우 항내 보관구역에서 곧바로 내륙수송할 것인지 ODCY로 이송하였다가 내륙수송할 것인지는 예상 보관기간 정도에 따라 달라진다. 이상의 보관기간에 따른 비용 비교를 圖示하면 Fig.3과 같다.

보관비용만을 고려한 수송로 선택이 이루어질 경우 Free Period가 지나고 2일 이내에 수송될 수 있으면 항내보관이 유리하며, Free Period가 지나고 3일 이상 보관하였다가 수송될 화물이라면

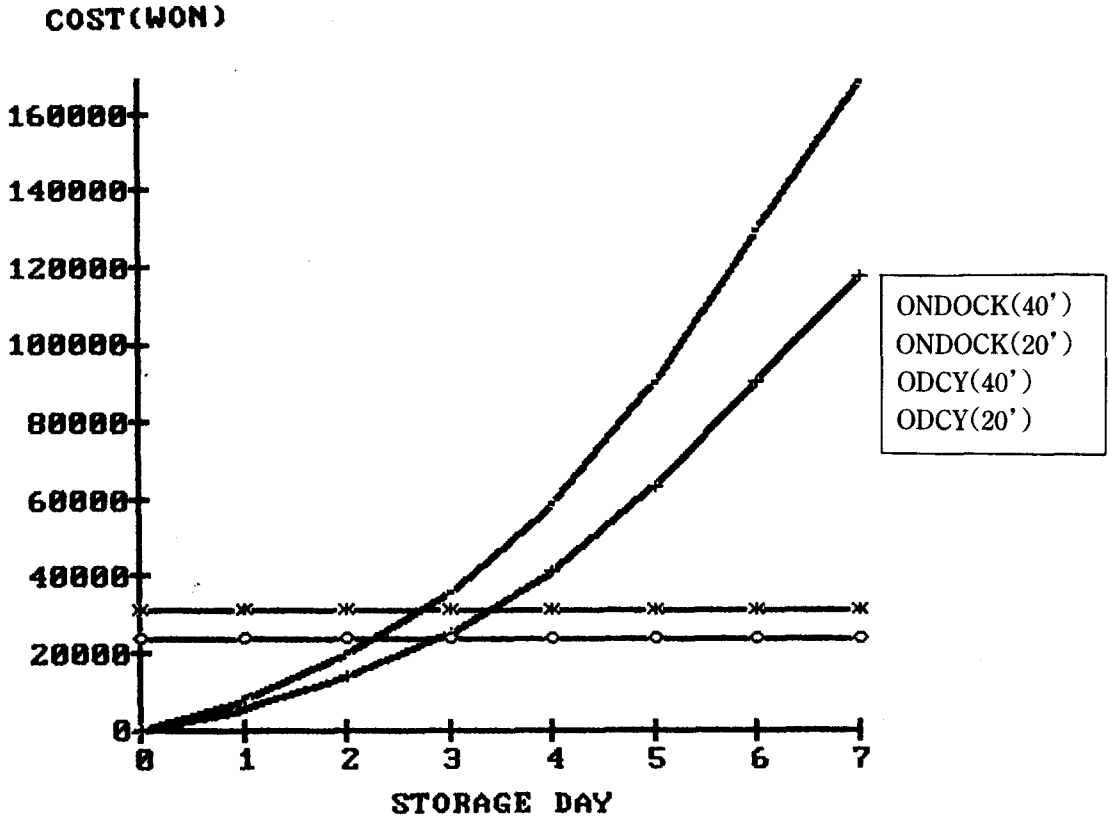


Fig. 3 Cost Comparison according to storage Period

일단 ODCY로 옮겼다가 수송하는 것이 더욱 경제적이다.

3) 항의 이송·보관비

부산항 컨테이너의 보관기능을 보강하기 위하여 생기기 시작한 Off Dock CY가 부산항이 폭주로 인하여 거의 보관기능을 못하게 되자 부산항 출입항 컨테이너의 90% 정도가 ODCY의 보관기능에 의존하게 되었다. 부산항 주변의 ODCY는 1990년 1월 기준으로 BCTOC로부터 16km 이내에 16개 업체가 운영하는 34개소가 산재하고 있으며 총면적 1,208,466 m<sup>2</sup>(365,549 평) 중 88%를 CY로 12%를 CFS로 운용되고 있다.<sup>2)</sup> 항만에서 항외보관구역인 ODCY까지의 이송은 항만배후도시인 부산시의 주요 간선도로를 경유해야 하므로 항내 이송의 경우와는 달리 도시교통로에서의 다른 차량 통행과 연관시켜서 고려하여야 한다. 부산시

도시교통 폭주에 의한 영향을 제외한 항의 이송·보관 비용을 분석하기로 한다. ODCY에서의 보관비는 無料이나 10일간 보관을 원칙으로 하며 보관연장 신청을 통하여 10일간 연장할 수 있지만 그 이상은 원칙적으로 不可하다. ODCY로의 이송 및 보관비 O(W)는 이송비만 고려하면 되므로,

$$O(W) = n \cdot (W/s) \cdot p \cdot 0.9$$

$$= 35,795,964,210(\text{원})$$

여기서,

O(W) : 항의 이송·보관비

n : 연간 선박 총 하역회수(2771 회)

W : 선박의 1회 하역비(512 VAN/Ship)

s : 차량의 1회 항외이송량(1 VAN/vehicle)

p : 차량의 1회 항외이송비(28,034원)이 된다.



3.3 内陸輸送費

Table 1 Inland Transport Cost to Each Region from Pusan Port

圈	域	단위수송비(원)		VAN當 수송비(A)	貨物比率(B)	수송비 비율(A×B)
		40'(60%)	20'(40%)			
京仁	公路	541,420	406,600	487,492	0.22	134,190
	鐵道	275,691	192,645	242,472	0.11	
釜山		79,180	59,920	71,476	0.27	19,299
光州		339,190	245,660	305,378	0.15	45,807
大邱		248,240	186,180	223,416	0.13	29,244
大田		343,470	257,870	309,230	0.12	37,108
全國					1	265,448

부산항을 경유하는 컨테이너 화물의 圈域別 貨物比率과 輸送費를 表示하면 Table 1과 같다.

圈域別 輸送費는 京仁圈과 釜山圈이 전체 컨테이너 화물의 60%를 차지하고 있다. 한편, 鐵送貨物은 부곡 ICD에서 下行(부산→부곡) 컨테이너량이 108,600 TEU, 上行(부산→부곡) 컨테이너량이 138,000TEU, 합계 약 25만 TEU(154,125VAN)로 전체 컨테이너 화물의 10%, 경인지역 화물의 33%를 차지하고 있다. 京仁地域 鐵送料金は 上行인 경우 40' 컨테이너가 231,042원, 20' 컨테이너가 140,121원 이며, 下行인 경우 40'컨테이너가 152,562원, 20'컨테이너가 123,311원 이다. 40'컨테이너와 20'컨테이너의 비율은 60 : 40이고 上行량과 下行량의 비율은 56 : 44이므로 1VAN 當 평균 鐵送料는 170,996원이다. 그런데, 鐵送貨物은 부곡 ICD에서 貨主의 倉庫까지 Local 輸送이 추가되므로 Local料金を 수송비에 추가하여야 한다.

Local料率은 40'컨테이너가 79,180원이고 20' 컨테이너가 59,920원 이므로 1VAN당 평균 71,476원을 추가한 242,472원이 1VAN 당 평균 鐵送經路 수송비이며, 鐵送을 통한 총 수송비용은 37,370,997,000원이 된다.

Table 2 에서 全國의 컨테이너 화물 비율에 의한 컨테이너 1 VAN 당 수송비 t는 265,448원 이므로 式(1)로 부터 내륙 수송비 T(W)는

$$T(W) = n \cdot (W/s) \cdot t$$

$$= 376,604,880,900(\text{원})$$

여기서,

n : 연간 선박 총 하역회수 (2771회)

W : 선박의 1회 하역량(512 VAN/Ship)  
 s : 차량의 1회 수송량(1 VAN/Vehicle)  
 t : 차량의 1회 수송비(265,448원)

이다.

以上에서 살펴 본 각 부차 시스템의 物流費 구성비를 圖示하면 Fig. 4와 같다.

3.4 폭주비용

1) 입출항 선박의 待期費用

BCTOC로 입항하는 선박의 대기시간(Tq)을 계산하는 식은,<sup>3)</sup>

$$T_q = \frac{\rho^l \cdot e^{(1-\rho)l}}{(1-\rho) \cdot \sqrt{2\pi l}} \cdot \frac{1-\rho^{l-1}}{\mu \cdot (1-\rho)(l+1)(1-\rho^l)} \dots \dots \dots (8)$$

따라서, BCTOC로 입항하는 선박의 接岸待機時間費用을 계산하기 위한 式은 다음과 같다.

$$C_{q1}(W) = (A/W) \cdot q_1 = (A/W) \cdot \alpha \cdot T_q \dots (8)$$

여기서,

C<sub>q1</sub>(W) : 연간 BCTOC 총 선박 대기시간 비용

A : 연간 BCTOC 총 컨테이너 물동량(130만 TEU/yr)

W : 선박 1회 컨테이너 수송량(819 TEU/Ship)

α : 선박 1척의 Hire Base(H/B)의 시간당 환산치(937.5 \$ /hr/Ship)

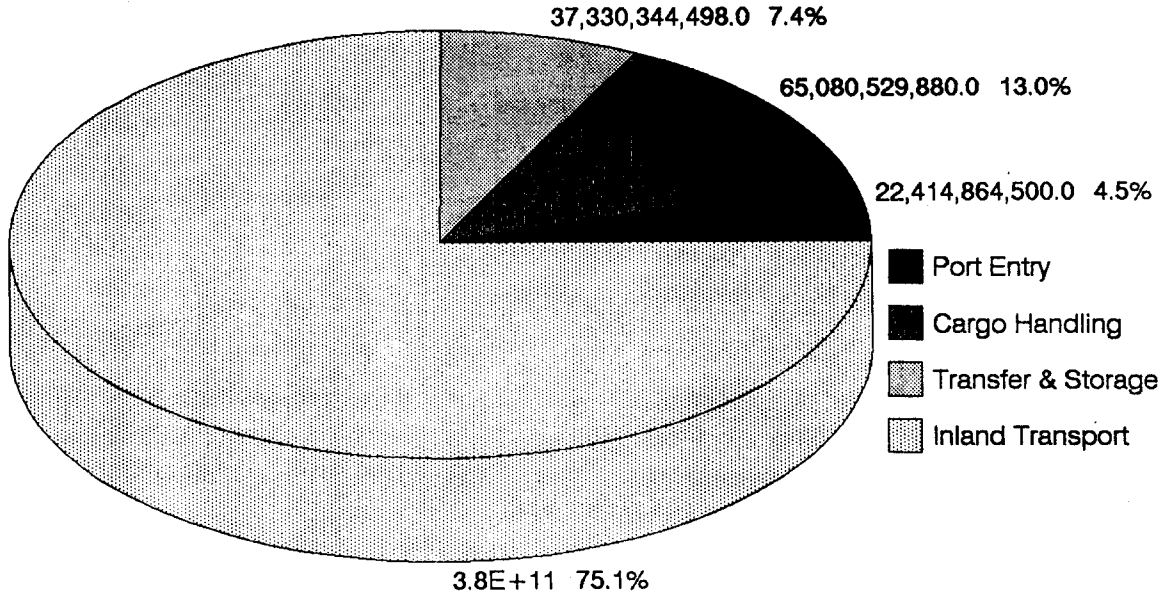


Fig. 4 Diagram of Container Physical Distribution Cost in Pusan Port

$q_1$ : 선박 1척의 대기시간 비용(6562.5 \$/ Ship)

$\rho$ : 선석 점유율( $\rho=0.75$ )

$I$ : 선석수( $I=4$ )

$\mu$ : 선석평균 서비스율(0.0625 Ship/hr)

式(8)에서 선박의 대기시간비용을 계산하기 위해서는 선박의 평균 가치를 설정하여야 하는 바, 본 논문에서는 상선에 대하여 통상 1년간에 필요한 船費(감가상각비·보험료 등의 資本費, 선원비·선용품비 등의 經常費를 합한 費用)를 그 선박의 연간 가동일 수 1개월당 1중량톤당으로 환산한 Hire Base(H/B) 개념을 사용하기로 한다. 우리나라 컨테이너선의 Hire Base(H/B)를 1990년을 기준하여 1日當으로 환산한 예를 보면, 12,000DWT級 컨테이너선(600TEU)은 8,600 \$/day, 20,000DWT級 컨테이너선(1,200TEU)은 15,250 \$/day, 30,000DWT級 컨테이너선(1,900TEU)은 22,500 \$/day, 43,000DWT級 컨테이너선(2,700TEU)은 30,000 \$/day이었으며,<sup>4)</sup> 이 중에서 부산

항 입출항 평균 컨테이너선 30,000 DWT 級을 기준으로 待期費用을 계산하기로 한다. 30,000DWT 級 컨테이너船의 Hire Base 를 시간당으로 환산하면 837.5 \$/hr/ship 이며, 연간 BCTOC컨테이너 물동량은 130만 TEU/hr, 선박의 1회 컨테이너 수송량은 819TEU/Ship, 선박 1척의 평균대기시간은 7시간, 130만 TEU를 하역하기 위한 선석점유율은 0.0625척/hr 이므로 선박 1척의 대기시간비용은 6262.5 \$/Ship이다. 따라서, 식(8)로부터 BCTOC로 입항하는 선박의 접안대기로 인한 시간비용  $C_{Q1}(W)$ 는,

$$C_{Q1}(W) = 10,416,666.67 (\$/yr) \\ = 7,291,666,667 (\text{원}/yr)$$

이 산출된다.

2) 陸送 車輛의 都市交通에 의한 輻輳費用

교통 체증으로 인한 차량속도 감소는 연료 소모를 증가시킨다. 보통 都市에서 도로는 車輛密度가 車線當 300臺(pcu)미만일 경우 시속 48km 이상으로 주행할 수 있으나, 750臺 이상 늘어나면

시속 17km 以下로 떨어진다. 육송차량의 폭주비용을 계산하기 위해서는 선박의 Hire Base에 해당하는 차량비를 계산하여 비교하여야 하나 여기서는 도시교통의 폭주로 인한 차량 정체비를 임금 및 연료비만을 고려하였다.釜山市의 시내버스, 택시, 자가용만을 대상으로 계산하였을 경우, 1일 總走行距離를 6,772千km로 잡으면 時速 16 km의 경우는 시속 64km에 비하여 km當 0.096ℓ의 연료를 더 소모하므로 하루 653,312ℓ의 연료가 추가로 소모되며, 이를 금액으로 환산하면 약 4억 3천만원이다. 여기에 貨物車와 기타 차량 47,800臺까지 포함하면 금액이 훨씬 증가할 것이다. 以上과 같은 자료를 이용한 컨테이너 수송차량 1臺當의 폭주비용은 차량 정체비가 740원, 연료소모 증가비가 280원, 합계 1,020원이 된다.<sup>5)</sup>

#### 4. 費用分析에 의한 시스템의 最適 處理水準

##### 4.1 BCTOC의 컨테이너 最適處理水準

폭주비용을 고려하지 않은 상태의 BCTOC의 最適 1회 荷役量  $W^*$ 를 式(2)로 부터  $s \cdot v + p = V_p$ 로 하여 구하면,

$$W^* = \left( \frac{A \cdot (u+c)}{n(V_p+t)} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (9)$$

$$= 236VAN$$

여기서,

- A : 812,500 VAN (130만 TEU)
- n : 1587회
- u : 8,089,100원
- c : 23,486,300원
- $V_p$  : 26,312원
- t : 265,447원

이 된다. 이 때 船舶當 時間當 荷役能力 r은

$$r = \frac{n_c \cdot W_c \cdot e}{c} = 36(VAN/hr) \dots\dots\dots (10)$$

- 여기서,  $n_c$  : 1선석의 크레인 수 ( $n_c=2$ )
- $W_c$  : 크레인의 1회 화물 작업량(1VAN = 1.6TEU)

e : 크레인 효율( $e=0.75$ )

c : 크레인 Cycle time( $c=2.5$ 分)

이므로, 最適 1회 하역량에 대한 선박하역 시간은 式(9)에 의한 값을 36VAN으로 나눈 6.5시간에 접이안 작업 준비시간인 1.5시간을 더한 8시간이 된다. 따라서, BCTOC의 연간 접안 가능회수는 선석 점유율( $\rho$ )을 0.75, 선석수를 4선좌, 작업시간을 20시간, 연간 작업일수를 365일로 하였을 경우  $21900/8=2737$ 회가 되므로 연간 最適하역량  $Q^*$ 는 式(3)으로 부터

$$Q^* = W^* \cdot N = 645,932VAN(1,033,491 TEU)$$

가 된다. 하지만 이 값은 선석점유율이 0.75일때 이므로 式(6)에 의하여 선박의 입항 대기시간이 3.7시간 정도 발생하므로 컨테이너선의 합리적인 대기 시간인 1시간 以內로 대기시간을 줄이기 위해서는 선석점유율을 0.6정도로 낮추어야 한다. 그러므로 선석점유율이 0.6일때 연간 하역능력  $Q'^*$ 는

$$Q'^* = W^* \cdot N' = 236 \times (17520/8) = 516,840VAN (=826,944TEU)$$

이 된다.

##### 4.2 폭주비용을 고려한 BCTOC의 컨테이너 最適 처리수준

3.4 절에서 계산한 입항선박과 陸送차량의 폭주비용을 고려한 BCTOC의 最適 1회 荷役量  $W^{**}$ 를 式(5)로 부터  $s \cdot v + p = V_p$ 로 하여 구하면,

$$W^{**} = \left( \frac{A \cdot (u+c+q_1)}{n(V_p+t+q_2)} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

$$= 235(VAN)$$

여기서,

- A : 812,500VAN(130만 TEU)
- n : 1587회
- u : 8,089,100원
- c : 23,486,300원
- $V_p$  : 26,312원
- t : 265,447원
- $q_1$  : 4,593,750원
- $q_2$  : 1,020원

이 된다. 이때 船舶當 時間當 荷役能力 r은 式(10)에 의하여 36VAN/hr 이므로 폭주비용을 고려한

최적 1회 하역량에 대한 선박 하역 시간은 식(11)과 식(10)에 의하여 산출된 7시간에 접이안 작업 준비시간인 1.5시간을 더한 8.5시간이 된다. 따라서, BCTOC의 연간 접안가능회수는 선석점유율( $\rho$ )을 0.75, 선석수를 4선좌, 1일 작업시간을 20시간, 연간작업일수를 365일로 하였을 경우 2576회가 되므로 연간 최적 하역량  $Q^{**}$ 는 식(5)로부터,

$$Q^{**} = W^{**} \cdot N = 649,152(\text{VAN}) = 1,038,643(\text{TEU})$$

가 된다. 하지만, 이 값은 선석점유율이 0.75일 때 이므로 식(7)에 의하여 선박의 입항대기시간이 4시간 발생하므로 대기시간을 1시간 이내로 줄이기 위한 선석점유율이 0.58이 된다. 따라서, 선석점유율이 0.58일 때 연간하역능력  $Q^{**}$ '는

$$Q^{**'} = W^{**} \cdot N' = 502,110(\text{VAN}) = 803,376(\text{TEU})$$

가 된다. 식(11)에서 주목해야 할 것은 선박폭주비용( $q_1$ )과 육송차량의 폭주비용( $q_2$ )와의 관계이다. 먼저,  $q_1 > q_2$  일 경우는 선박폭주를 줄이기 위하여 식(11)에서 1회 최적 선박 수송·하역량인  $W^{**}$ 가 증가하며,  $q_1 < q_2$  일 경우는 육송차량의 폭주를 줄이기 위하여  $W^{**}$ 가 증가하게 되므로 선박폭주와 육송차량폭주 비용은 서로 반비례관계에 있는 것이다. 따라서, 폭주비용을 고려한 최적 수송 및 하역량을 결정하기 위해서는 선박폭주비용과 육송차량폭주비용을 면밀히 분석하여야 한다.

장 컸다. 부산항 물류시스템에 선박의 폭주비용과 도시교통에 의한 車輛停滯費用을 고려하였을 경우, 船舶輻輳費用이 陸送車輛 停滯費用 보다 크게 되면 선박 1회 컨테이너 수송량 및 선석에서의 1회 하역량인  $W^{**}$ 가 폭주비용을 고려하지 않았을 때의 1회 선박 수송·하역량인  $W^*$  보다 크게 되고, 육송차량 停滯費用이 船舶輻輳費用 보다 크게 되면 선박 1회 컨테이너 수송 및 하역량인  $W^*$  보다 적게 된다. BCTOC의 경우 폭주비용을 고려하지 않았을 때 1회 最適船舶輸送 및 하역량  $W^*$ 는 236 VAN(377TEU)이었으며, 선박의 평균대기시간이 1시간정도 되게 선석점유율을 잡았을 경우( $\rho=0.6$ ) BCTOC의 연간 최적 물류량은 516,840 VAN (826,944 TEU)가 된다. 또한, 선박 및 육송차량의 폭주비용을 고려하였을 경우 1회 최적 선박 수송·하역량  $W^{**}$ 는 252VAN(403TEU)이었으며 선박의 평균대기시간이 1시간정도 되게 선석점유율을 잡았을 경우 ( $\rho=0.58$ ) BCTOC의 연간 최적 물류량은 502,110 VAN(803,376TEU)가 된다. 그러나, 폭주비용을 고려함에 있어 부산항을 경유하는 컨테이너 화물이 증가할 경우 부산시 교통에 어떠한 영향을 미치는가 하는 것과 그로 인한 물류비용의 증가량 산출에 더욱 면밀한 연구가 필요하며, 他國 컨테이너 港의 능력과 해상수송비 분석에도 향후 많은 연구가 있어야 할 것이다.

## 5. 결 론

부산항의 컨테이너 물류시스템을 입출항지원시스템, 항내 하역·이송·보관 및 항외 이송·보관 시스템, 내륙연계수송시스템으로 나누어 물류비용분석을 실시하였다. 분석 결과, 내륙수송경로는 피더선에 의한 연안수송로를 포함하여 총 7가지 경로가 있었으며, 철송비가 상대적으로 저렴하여도 철송능력 부족이 심하여 할당제로 철송량이 결정되는 실정이라 대체경로 선정에 많은 제약이 있다. 부산항을 경유한 총 227만 TEU의 수출입 컨테이너에 대한 물류비용의 구성은, 입출항비가 4.47%, 선박하역비가 12.98%, 이송 및 보관비가 7.44%, 내륙수송비가 75.11%로 내륙수송비의 비중이 가

## 참고문헌

- 1) BCTOC 전산실(1990)
- 2) 이철영(1991), 부산항의 국제 교역항으로서의 능력제고에 관한 연구,부산경제연구총서 36, 부산상공회의소 부산경제연구원
- 3) 박창호·이철영(1991), 부산항 컨테이너 물류 시스템 분석에 관하여, 한국항만학회
- 4) 한국선주협회(1990) & H 해운 운항부(1991)
- 5) 박창식(1989), 우리나라 컨테이너 物流管理의 效率의 運用에 관한 研究-釜山港 最適 物流水準을 중심으로-, 경남대학교대학원 경영학과

\*1 : 부산항에 4회이상 기항하는 컨테이너선과 3회이상 기항하는 재래선에 부여하는 할인율