

□ 論 文 □

# 複合貨物 터미널 立地選定을 위한 數學的 計劃模型의 定立과 適用

A Mathematical Programming Model for  
the Freight Terminal Location Problem

李錦淑

(交通開發研究院)

姜承弼

(交通開發研究院)

目 次

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| I. 研究의 背景 및 目的         | 2. 模型의 正式化      |
| II. 複合貨物터미널의 機能과 施設    | V. 模型의 適用과 結果分析 |
| III. 貨物輸送體系에 관한 模型     | 1. 模型의 適用       |
| IV. 複合貨物터미널 立地選定模型의 定立 | 2. 結果分析         |
| 1. 模型定立의 方法            | VI. 結 論         |

ABSTRACT

The rapid increase in the freight movement in Korea demands the improvement of the freight transportation system both in quantity and in quality. In recent studies integrated freight terminals have been suggested as the most relevant physical facility that solves this problem. This paper is aiming at the efficiency of the freight transportation system in Korea via integrated freight terminals. We develop a mixed integer programming model to determine simultaneously the most efficient freight flow patterns as well as the optimal locations and sizes of the integrated freight terminal facilities. The results of the model implication is also presented.

I. 研究의 背景 및 目的

貨物輸送은 商品의 生産과 消費에 直結되어 있으며 國家經濟의 원활한 流通과 國際競爭力과 密接히 關聯되어 있으므로 갈수록 그

重要性이 높아져 가고 있다. 우리나라에서는 그동안 持續的인 經濟成長과 함께 經濟規模가 擴大되면서 貨物輸送에 대한 需要가 急擊히 增加하여 왔다. 지난 1983年 地域間 物動量이 約 5億 578萬톤으로 集計되었음에 비하

여 1988년에는 약 11億 6107萬톤으로 늘어나 年平均 18.1%의 增加率을 보이고 있다(交通開發研究院, 1990). 이러한 貨物輸送需要의 增加趨勢에 반하여 物流施設의 擴充을 위한 적절한 投資 및 政策 등이 缺如되어 不

合理的 輸送體系를 維持하고 있는 實情이다. 그 결과 物流費用을 外國과 比較하여 불때 한국의 輸送費의 比重은 상대적으로 아주 높게 나타나고 있다(表 1.1).

(表 1-1)

外國과의 物流費 比較

(比較: %)

| 區 分 | 賣出額 | 輸送費(1) | 荷役費(2) | 保管費(3) | 包裝費(4) | 物流費<br>(1+2+3+4) |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|------------------|
| 韓 國 | 100 | 13.12  | 4.22   | 0.035  | 1.49   | 18.865           |
| 美 國 | 100 | 6.20   | 0.8    | 5.40   | 1.20   | 13.60            |
| 日 本 | 100 | 8.83   | 2.46   | 3.23   | 5.77   | 20.29            |

資料: 交通開發研究院, 貨物流通의 發展課程 및 政策方向, 1989.

이러한 貨物輸送體制의 非效率性은 貨物輸送業體 및 情報體制側面, 運賃 및 法制度의 側面에 걸쳐 다양하게 나타나고 있으나 특히 據點輸送網의 未備로 인한 效率의 集配送體系의 결여로 地域間 長距離運送과 集配送에 車種區分없이 運行되는 結果를 초래하여 運送費가 높아지게 되고 에너지의 過多損失을 빚으며 交通混雜을 加重시키는 등 國家의 次元에서 막대한 社會 經濟的 費用의 損失을 招來하고 있는 主要要因이 되고 있다(交通開發研究院, 1986, 1989, 1990). 따라서 最近 貨物流通體系 合理化方案으로 既存 貨物터미널의 機能과 함께 새로운 上位機能을 갖는 複合貨物터미널을 적절히 設置하여 그들을 중심으로한 據點輸送網의 構築에 대한 研究가 활발히 進行되어 왔다(交通開發研究院, 1986, 1989, 1990). 여기서 複合貨物터미널은 貨物터미널(貨物取扱場, 貨物自動車 停留場), 車庫, 配送센터, 貨物情報센터, 輸送手段間 聯繼施設 및 각종 公共便宜施設 - 地域의 特性에 따라 ICD施設(CY 및 CFS)도 包含- 이한 곳에 集積된 綜合的 物流據點을 意味한다.

본 論文에서는 貨物輸送體系의 效率化를 위해 複合貨物터미널을 중심으로 하는 據點輸送網을 構築하려할 때 輸送에 關聯된 諸要素들과 그들간의 有機的 相互關係를 體系의 으로 分析하여 지금까지 不必要하게 所要되

어 은 運送費의 節減을 最大化하도록 複合貨物터미널의 最適立地와 規模를 決定할 수 있는 數學的計劃模型(Mathematical Programming Model)을 定立하고 그의 適用을 통하여 合理的인 貨物輸送體系 構築方案을 提示하고자 하는 것이다.

## II. 複合貨物터미널의 機能과 施設

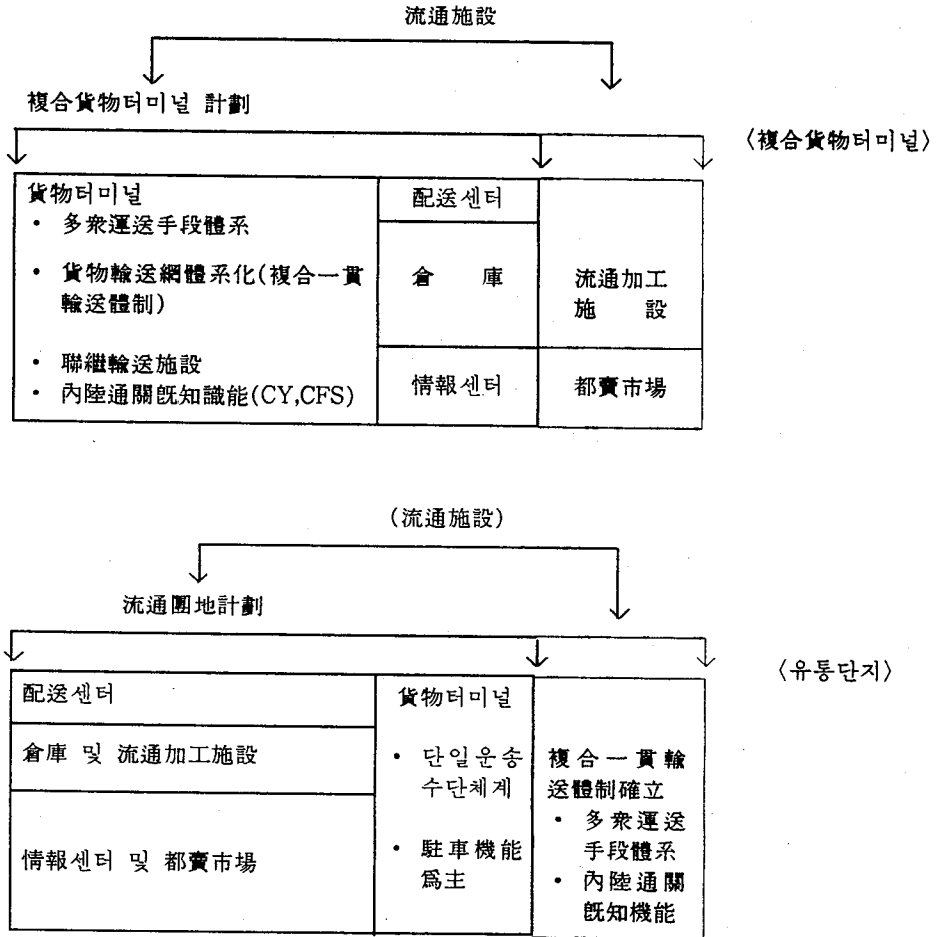
既存貨物터미널은 停車場 役割이 主였음에 반하여 複合貨物터미널은 多樣한 輸送手段의 聯繼, 機械化된 一貫操作(集配, 保管, 荷役), 運送周旋 등의 機能을 擔當하게 되므로 物流費用을 節約하는데 中樞的 役割을 할 수 있을 것이다. 既存의 物流施設中에서 規模나 機能面에서 複合貨物터미널과 가장 有事한 物流施設로는 流通團地가 있으나 中心的 機能의 性格에 差異가 있다. 複合貨物터미널은 貨物의 複合一貫輸送體制를 위한 基礎的인 物流施設인데 반하여 流通團地는 복잡한 流通構造의 單純化 혹은 多段階의 流通課程을 축소하는 데 필요한 物流施設이다. 따라서 流通團地의 1次的인 目標은 流通費用 節減이며 複合貨物터미널의 目標은 특히 物的流通과 關聯된 輸送費用의 감소를 極大化하고자 하는 것이다.

그러나 넓은 意味의 流通施設의 側面에서

兩者는 모두 同一한 體制의 構築을 目標로 하고 있다고 본다.

團地의 中心機能과 施設의 差異를 比較한 것이다.

다음 <그림 2.1>은 複合貨物터미널과 流通



<그림 2.1> 複合貨物터미널과 流通團地의 施設比較

따라서 物的 流通費의 節減을 추구함에 있어 우리는 輸送價格의 節減과 流通費用의 節約中 어느 것이 더 效率的인가를 생각하여야 하며 이에따라 完成된 流通施設로 가는 初段階의 物流施設 構築을 決定하여야 할 것이다. 다만 物理的인 施設物 設置로 인한 流通 構造의 單純化는 現實的으로 크게 期待할 수 없으며 流通團地 計劃 역시 商品의 集積을

통한 集配送의 절약이 기대된다는 側面에서 複合貨物터미널의 設置를 先行하는 流通施設의 構築이 經濟的으로 의미가 있다고 본다.

### III. 貨物輸送體系에 관한 模型

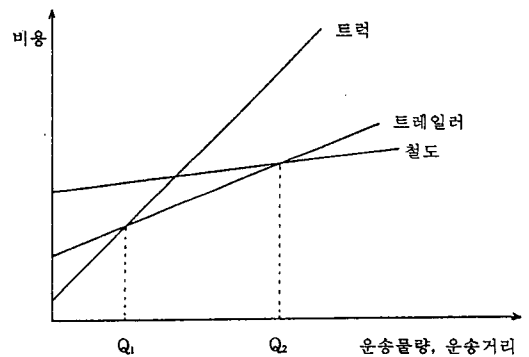
일반적으로 貨物輸送體系에 관한 문제의 主要關心은 地域間 物量의 需給關係를 만족

시킴과 동시에 輸送費用을 最少化하는 效率의 輸送패턴을 찾는 데 있어 왔다.

貨物輸送問題에 가장 많이 사용되어 온 模型들로는 중력모형류의 형태와 선형계획모형의 형태가 있다. 중력모형은 특히 Wilson (1967) 이후 엔트로피(entropy) 最大化의 概念이 加味되어 貨物輸送形態에 대한 經驗의 資料를 바탕으로 總輸送費用 등에 대한 情報가 주어진 狀態에서 가장 있음직한(現實에 가까운) 貨物輸送패턴을 決定하므로 現貨物輸送패턴을 찾는 問題에 適切하다. 이에 반하여 선형계획 모형들은 주어진 商品의 需要地와 供給地의 空間의 分布패턴과 交通網上에서 最適의 輸送패턴을 決定하는 것으로 輸送패턴 改善을 위한 代案을 찾는 問題에 適切하다. Hitchcock(1941) 이후 소위 交通問題(Transportation Problem)로 알려져 있는 선형계획모형들(Linear Programming Models)은 이러한 貨物輸送問題의 가장 基本的이며 單純한 形態로서 交通網上에 分布되어 있는 일련의 物品供給地들로부터 그 物品 需要地들까지 運送費(혹은 運送時間)를 最小化하는 輸送패턴을 決定한다. 이러한 선형계획모형들은 現實을 선형화시킴으로써 하여 나타나는 여러 短點들에도 불구하고 물품의 流通樣相에 잘 附合되며 一般적으로 多數의 需要地와 供給地 및 복잡한 交通路들로 構成되는 規模가 큰 問題들을 體系적으로 다룰 수 있다는 이 점 때문에 貨物 輸送問題에 많이 사용되고 있다.

만약 既存의 貨物輸送體系가 비교적 잘 發達되어 있는 狀態에서는 그 주어진 輸送體系下에서 가장 效率의인 輸送패턴을 찾는 것으로 貨物輸送體系의 效率化를 기할 수 있을 것이다. 그러나 效率의 貨物輸送패턴은 物品의 需要地와 供給地의 貨物輸送에 關聯된 여러 設備 施設들의 서어비스 水準과 그들의 空間의 分布形態 등이 複合적으로 作用하여 決定되는 것이므로 우리나라처럼 既存의 貨物輸送體系가 設備나 機能側面에서 絶對적으로

미흡한 경우에는 주어진 輸送體系上에서의 效率의 輸送패턴을 찾는 問題보다는 새로운 設備施設을 적절히 設置하는 등 그 輸送體系自體를 改善하는 것이 더욱 適切할 것으로 判斷된다. 특히 貨物터미널은 여러 交通手段이 雲集되는 곳으로 貨物輸送手段의 變化가 가능하며 여러 地點에서 貨物이 集送되기도 하고 또 여러지점으로 配送되기도 하는 地點이므로 交通網上에 이러한 貨物터미널 施設을 적절히 設置해주면 貨物輸送에 所要되는 運送費의 節減은 물론 輸送體系의 效率性도 크게 增大될 수 있을 것이다. 運送費 節減이 일어날 수 있는 가장 큰 이유는 각각의 運送手段別 運送距離와 運送物量에 따라 比較優位(Comparative Advantage)를 나타내는 區間이 각기 다르기 때문이다.(그림 3.1).

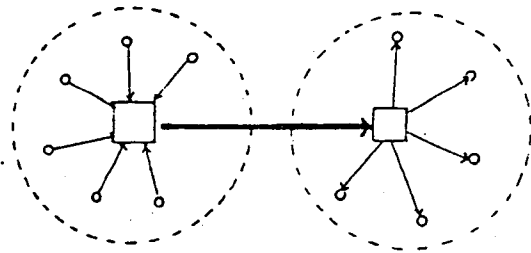


〈그림 3.1〉 輸送手段別 比較優位 區間

일반적으로 運送距離가 짧을수록 貨物量이 적을수록 公路輸送手段(특히 소형트럭)이 유리하며 運送距離가 길어질수록, 貨物量이 많아질수록 大型의 trailer나 鐵道輸送이 더 유리한 것으로 나타난다. 따라서 交通網上의 적절한 位置에 새로운 貨物터미널을 設置하여 小型의 輸送手段으로 附近의 여러지역에서 모인 貨物을 大型의 trailer나 鐵道交通手段으로 옮겨 실어 長距離 輸送할 경우, 혹은 大型의 輸送手段으로 長距離 運搬된 貨物을 小型의 輸送手段으로 短距離 周邊地域으로 運送할 境遇(그림 3.2) 規模의 經濟(economies of

scale)의 效果로 運送費가 크게 節減될 수 있을 것이다. 따라서 最小運送費의 效率의 貨物輸送패턴은 貨物の 集荷輸送 配送이 이루어지는 貨物터미널의 立地에 따라 크게 달라질 수 있다. Beckmann과 Marshak(1955)과 Orden(1956)은 이러한 貨物터미널 또는 交通路의 挾節地點에서 일어날 수 있는 환적활동(transshipment activity)을 기존의 선형계획 모델에 포함시켜 환적문제(transshipment problem)로 발전시켰다.

그러나 새로운 貨物터미널 施設의 設置를 위한 立地選定問題에서는 商品의 需要地와 供給地의 空間의 分布狀態, 각 運送手段別 交通網의 發達精度와 運貨體系 등과 함께 貨物터미널의 施設投資費도 함께 考慮하여 最小運送費의 運送패턴을 구축할 수 있도록 터미널의 最適立地와 規模가 決定되어야 할 것이다. Balinski(1961, 1965)는 이러한 問題를 위하여 貨物輸送패턴을 決定하는 既存의 交通問題에 施設物의 立地問題를 결합시킨 數學的計劃模型을 소개하였으며 그후 많은 학자들에 의해 유사한 모델들이 개발되었다(상세한 文獻研究는 Ratick, et al., 1987參照)



〈그림 3.2〉 據點輸送體系

#### IV. 複合貨物터미널 立地選定模型의 定立

##### 1. 模型定立의 方法

效率의 輸送體系를 構築할 수 있도록 複合

貨物터미널을 設置하기 위해서 本 研究에서는 數學的計劃技法(mathematical programming techniques)의 하나인 혼합정수계획법(mixed integer programming)을 이용하여 最小의 費用으로 物量의 需給關係를 만족시키는 地域間 物動量의 分布패턴과 設置되어야 할 複合貨物터미널의 最適立地와 規模가 同時에 決定될 수 있는 貨物輸送體系模型을 定立하였다.

##### 2. 模型의 正식화

數學的計劃技法를 利用하여 貨物輸送體系에 대한 模型을 定立하기 위해서는 우선 貨物輸送體系에 대한 評價의 基準과 達成하고자 하는 目標가 明確히 設定되어야 하고, 模型을 통하여 얻고자 하는 內容을 意思決定變數로 正하여야 한다.

###### 1) 評價基準 및 目標의 設定

複合貨物터미널의 立地選定을 위한 數學的計劃模型의 目標은 全體 貨物輸送體系의 輸送費의 最少化로 選定될 수 있을 것이다. 그러나 複合貨物터미널 設置를 위해서는 相當額의 投資費(土地購入費, 土木工事費 등)가 요구되므로 複合貨物터미널 設置를 위한 投資計劃은 그로 인하여 節減되는 輸送費가 터미널 設置에 所要되는 投資費를 초과할 수 있어야만 合理的이라고 할 수 있을 것이다. 즉 最小의 投資費로 最大의 運送費 節減을 가져올 수 있도록 複合貨物터미널의 立地가 決定되어야 할 것이다.

###### 2) 意思決定變數의 決定

本 模型에서는 地域間 物量의 需給體系를 만족시키면서 運送費를 最少化하는 運送經路를 통하여 輸送되는 物動量을 나타낼 수 있는 物動量變數(flow variables)와 複合貨物터미널의 입지와 規模를 決定하는 立地決定變數(location variables)가 決定되어야 한다.

여기서 物動量變數는 連續的인 값을 갖는 連續變數(continuous variable)의 形態이며 立

地決定變數는 0이나 1의 값을 갖는 정수변수(integer variable)의 形態를 갖는다.

3) 函數式的 정식화

目的函數

주어진 距離를 輸送할 때 所要되는 各 運送手段別 貨物의 運送費는 運送될 物量에 比例하여 증가하는 선형의 函數關係를 갖는다고 가정하면 總體系費用 最少化의 目的函數는 다음과 같이 쓰여질수 있다.

Minimize

$$f(x,w) = \sum_i \sum_j \sum_m \sum_q C_{ij}^m X_{ij}^m \sum_l \sum_l F_{ij} \cdot W_{ij}$$

여기서

$X_{ij}^m$  : i地點에서 j地點까지 運送手段 m으로 輸送되는 q品目の 物動量

$W_{ij} = 1$  : l規模의 複合貨物터미널이 j地點에 設置될 境遇

0 : l規模의 複合貨物터미널이 j地點에 設置되지 않을 境遇

$C_{ij}^m$  = 運送手段 m으로 i地點에서 j地點까지 單位物量을 輸送할때 所要되는 運送費

$F_{ij}$  = l規模의 複合貨物터미널을 j地點에 設置할때 소요되는 建設費

i : 貨物의 出發點을 나타내는 地標

j : 貨物의 到着地點을 나타내는 指標

l : 複合貨物터미널의 規模를 나타내는 指標

m : 運送手段을 나타내는 指標

q : 貨物의 品目を 나타내는 指標

위의 目的函數는 地域間 物量의 需給關係를 만족시키기 위하여 要求되는 總運送費와 複合貨物터미널 施設의 設置에 所要되는 總投資費를 합한 總貨物輸送體系費用을 最少化하는 것이다. 이러한 目的函數와 함께 需要供給의 條件式과 貨物터미널 立地와 關聯된 일련의 條件式이 要求된다.

條件式

$$\sum_j \sum_m X_{ij}^m = O_{iq} \quad \forall i,q$$

$$\sum_i \sum_m X_{ij}^m = D_{jq} \quad \forall j,q$$

$$\sum_i \sum_m X_{ij}^m = \sum_k \sum_m X_{ik}^m \quad \forall j \in N_T, q$$

$$X_{ij}^m, X_{ik}^m \geq 0 \quad \forall i,j,k,q,m$$

$$W_{ij} = (0,1) \quad \forall i,j \in N_T$$

$O_{iq}$  = i地點에서 運送되어야 하는 q品目の 貨物量

$D_{jq}$  = j地點으로 運送되어야하는 q品目の 貨物量

$U_i$  = l規模의 터미널에서 處理될 수 있는 物量의 限界能力

$N_T$  : 複合貨物터미널의 候補立地들의 集合

첫번째 條件式은 供給物量에 대한 條件式으로 한 地域에서 여러 다른 地域으로 流出되는 物量의 합은 그 地域의 各 品目別 運送될 物量을 超過할 수 없음을 나타낸다.

두번째 條件式은 需要充足을 나타내는 條件式으로 어느 한 地點으로 流入되는 各 品目の 物量은 그 地域에서 要求되는 各 品目の 物量을 만족시킬 수 있어야 한다.

세번째 條件式은 貨物터미널에서 流出入物量의 均衡에 관한 條件式으로 貨物터미널로 여러 運送手段을 통하여 流入된 品目別物量의 總합과 流出되는 物量의 總합과 同一해야 함을 나타내는 條件式이다.

네번째 條件式은 貨物터미널의 規模에 따라 處理할 수 있는 物量의 限界를 나타내는 條件式이다.

마지막은 貨物터미널의 立地決定과 關聯된 정수의 條件式으로 어떤 한 候補立地에서의 貨物터미널의 立地決定이 部分的으로 이루어질 수 없음을 나타내는 것이다. 이 정수의 條件式은 또한 貨物터미널의 設置가 決定될 경우 費用 最少化의 目的函數에서 그 貨物터미널 設置에 所要되는 投資費가 온전히 算定될 수 있도록 하는 것이다. 이상의 函數式들은 다루고자 하는 問題의 範圍와 內容에 따라 修正되거나 새로운 條件式들이 더해질 수 있다.

### V. 模型의 適用과 結果分析

#### 1. 模型의 適用

本 研究에서는 이미 研究된 바 있는 서울, 부산(交通開發研究院, 1989)과 함께 大田·大邱·光州를 포함한 內陸 5개 大都市를 複合貨物터미널의 候補立地로 設定하고 將來의 物動量에 對比한 效率的인 貨物輸送體系를 構築하기 위하여 이들 5개 都市中 複合貨物터미널이 建立되어야 할 最適立地和 規模를 決定하고 그들을 中心으로 하는 效率的 貨物輸送패턴을 提示하기 위하여 앞에서 定立된 複合貨物터미널 立地選定模型을 適用하고 그 結果를 分析해 보았다. 각 宗의 品目別 發生量과 到着量을 갖는 49개 宗 中心地(centroids)와 이들을 連結하고 있는 公路와 鐵道로 構成되는 交通網에 대하여 交通網分析이 行해진다.

##### 1) 投入資料의 說明

###### ○ 品目別 貨物의 流出入量

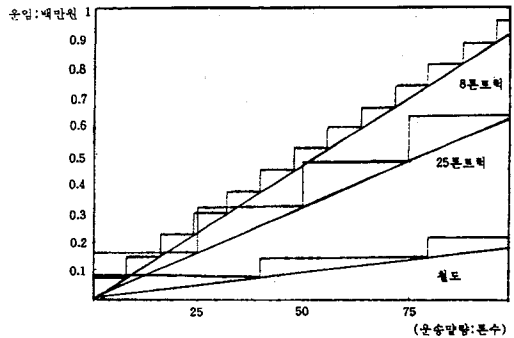
模型의 試驗의 適用을 위해 全國을 49개 宗으로 再構成하고, 1989年度 각 宗의 10개 (註1) 品目에 대한 貨物의 流出入量을 現場 調査를 土臺로 產出하였다(자세한 方法은 交通開發研究院, 1990參照).

###### ○ 輸送手段別 運送費

貨物의 運賃은 一般的으로 運送되어야 할 距離와 物量의 規模에 따라 段階的으로 變化하는 비선형의 關係式을 갖는다. 그러나 本模型의 適用을 위해서는 주어진 距離에서의 각 運送手段의 運送費는 運送될 物量에 比例하여 增加하는 선형의 函數式 構造를 갖는 것을 假定한다. 따라서 最適輸送體系下에서는 貨物輸送量에 附合하는 輸送手段이 利用될 것이므로 輸送量에 따른 規模의 經濟效果는

結局 輸送手段 選擇에 따른 運送費 節減으로 나타나게 된다.

宗 中心地들간의 最短距離는 이미 產出되어 있으므로 그 주어진 距離가 속하는 距離帶別로 각 輸送手段別 單位 物動量에 대한 輸送費가 產出되어야 한다. 실제 運賃은 車輛의 積載톤수에 關係없이 車 대당 賦課되므로 貨物量에 대한 運送費는 段階式 運賃構造로 考慮되어야 한다. 그러나 本 研究에서 다루는 物量은 대체로 그 規模가 상당히 크기 때문에(그림 5.1)에서 直線으로 나타나는 선형의 運賃을 適用하여도 그 誤差는 크지 않다고 볼 수 있다(註2).



(그림 5.1) 貨物量과 運賃

###### ○ 船荷積 費用

貨物의 運送에는 순수한 運賃 외에도 貨物의 船荷積 費用이 要求된다. 貨物의 船荷積費用은 船荷積 施設 및 輸送手段에 따라 差異가 있을 수 있다. 즉 人力으로 船荷積을 하는 경우와 機械設備를 利用하여 大量의 貨物을 船荷積하는 경우 單位物量당 船荷積 費用은 크게 달라진다. 따라서 貨物의 出發點과 到着點에서 어떤 船荷積 設備를 利用할 수 있는냐에 따라 單位物量당 船荷積 費用은 다르게 策定되어야 한다. 票 5.1는 本 研究에서 利用

(註1) 經濟企劃院에서 發刊한 韓國標準商品 分類票에 나타난 19개 品目中 製品의 特性上 獨自의 流通體系를 갖고 있거나 다른 貨物과의 混雜이 不可能한 9개 品目은 除外하였다.

(註2) 여기에서 나타난 本 線形 運送費 그래프는 터미널 費用과 船荷積 費用등이 고려되지 않은 각 運送手段으로 100km 運送할 경우의 순운임만을 타나낸 것이다.

한 船荷積 施設別 費用을 나타낸 것이다. 複合貨物터미널에서는 大型의 船荷積 機械設備에 의해 船荷積이 이루어진다고 假定하였으며 鐵道の 경우에는 반경 10km단위 내에서

(表 5.1) 船荷積費用과 其他費用

| (單位: 원/TON) |       |     |        |         |
|-------------|-------|-----|--------|---------|
|             | 人 力   | 機 械 | 集配送    | 計       |
| 公 路         | 5,095 | 979 | 0      | 6,074   |
| 鐵 道         | 5,095 | 979 | 11,689 | 117,763 |

資料: 交通開發研究院, 貨物輸送體系 改善에 관한 研究, 1990

소형트럭에 의한 集配送費用을 포함시켰다.

○ 複合貨物터미널의 投資費

複合貨物터미널의 投資費는 그 立地가 어디에 決定되느냐에 따라 土地購入費와 人件費가 달라지게 되며 또한 그곳에서 처리해야 할 貨物量도 달라지게 된다.

本 研究에서는 模型의 適用을 위해 複合貨物터미널의 規模를 다음의 3等級으로 구분하고 각각의 경우에 요구되는 建設費를 표 5.2와 같이 적용하였다.

(表 5.2) 候補立地別 複合貨物터미널의 建設費

(1989년 기준)

| 존      | 1일 처리규모 | 建 設 費   |       |         | 1일 평균비용* (만원) |
|--------|---------|---------|-------|---------|---------------|
|        |         | 지 가     | 토목공사비 | 합 계     |               |
| 서울(01) | 20만ton  | 2,480억원 | 242억원 | 2,722억원 | 7,312만원       |
| 대전(15) | "       | 1,240억원 | "     | 1,482억원 | 6,940만원       |
| 광주(31) | "       | "       | "     | "       | "             |
| 대구(40) | "       | "       | "     | "       | "             |
| 부산(56) | "       | "       | "     | "       | "             |

\* 1일 평균비용은 地價의 경우 100년의 使用年限을, 토목공사의 경우 30년을 使用年限으로 산출된 액수임. 지가(원/m<sup>2</sup>): 서울 30,000원, 기타지역 15,000원

2. 結果分析

이상의 자료들이 정확히 投入되면 모형을 통하여 다음의 정보를 얻을 수 있다.

- 운송비를 최소화하는 각 품목별 화물의 구간별 수송수단별 수송량 즉 운송비를 최소화하는 효율적 수송패턴(지역간 물동량)
- 복합화물터미널이 설치될 최적입지 및 그 활동수준(activity level)
- 화물수송체계 개선을 위해 복합화물터미널 건설에 필요한 總投資費 및 總運送費, 투자비와 運送費節減사이의 상호비교

시나리오의 작성

본 연구에서는 모형의 시험적 적용을 위해 세가지 Scenario(표 5.3)를 작성하여 그 결과

를 비교분석해 보았다.

(표 5.3) 시나리오의 구성내용

| 區 分        | 內 容   |
|------------|---|
| Scenario 1 | 수송수단별 分擔率이나 화물터미널의 處理限界能力에 아무 제약을 주지 않은 경우                |
| Scenario 2 | 수송수단별 분담율을 鐵道 20%, 公路 80%로 적용하고 화물터미널의 처리한계능력은 제한하지 않은 경우 |
| Scenario 3 | 수송수단별 분담율도 적용하고 화물터미널의 처리한계 능력을 20만톤/일로 제한한 경우            |

표 5.4는 각 시나리오의 결과를 운송톤수, 운송톤-킬로수, 운송비 및 總體系費用으로



구분하여 그 결과를 비교한 것이다. 운송수단 간 부담율에 제약을 주지않은(주3) 시나리오 1의 경우 단거리 수송에는 소형의 공로운송수단이 채택되었으나 거점간 장거리수송에는 단위 운송비가 저렴한 철도가 모두 선택되고 있다. 이러한 성향은 운송톤-킬로수를 비교할때 더욱 뚜렷해진다. 즉 수송톤수에서는 公路가 57.2%, 鐵道가 42.8%로 公路가 약간 우위로 나타나나 톤-킬로수에 있어서는 공

로가 20.6%, 철도가 79.4%로 장거리 수송에서는 철도수송이 단연 유리한 것으로 나타나고 있다. 실제의 경우 公路는 '門前에서 門前'까지의 수송이 가능하여 수송이 신속하고 편리한 반면 철도는 수송시간이 지체된다든지 또는 복잡한 서류작업을 요구하는 등의 불편함 때문에 장거리 수송의 경우도 대체로 공로운송을 선호하는 경향이 짙다.

따라서 철도에 대한 이러한 불편성을 비용

(표 5.4) Scenario의 結果比較

| 區 分               |        | '89運送現況③       | 시나리오 1                | 시나리오 2                | 시나리오 3                |
|-------------------|--------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 운<br>송<br>톤<br>수  | 公路 A ① | 2,498          | 1,757(57.2%)          | 1,557(57.3%)          | 24,261(80.7%)         |
|                   | 公路 B ② | 0              | 0                     | 928(34.2%)            | 375(12.5%)            |
|                   | 철 도    | 144            | 1,179(42.8%)          | 232(8.5%)             | 205(6.8%)             |
|                   | 합 계    | 2,642          | 2,756(100%)           | 2,717(100%)           | 3,006(6.8%)           |
| 운<br>송<br>톤<br>킬로 | 公路 A   | 6,790          | 99,110(20.6%)         | 100,500(26.9%)        | 248,850(58%)          |
|                   | 公路 B   | 0              | 0                     | 267,760(71.1%)        | 113,240(26.4%)        |
|                   | 철 도    | 32,725         | 382,624(79.4%)        | 74,803(2.0%)          | 67,260(15.6%)         |
|                   | 합 계    | 32,952         | 481,733(100%)         | 373,663(100%)         | 429,350(100%)         |
| 운<br>송<br>비<br>원  | 公路 A   |                | 26,519,924<br>(76.5%) | 26,869,485<br>(67.7%) | 40,922,336<br>(85.8%) |
|                   | 公路 B   | 4,534,247②     | 0                     | 11,255,550<br>(28.3%) | 4,999,869<br>(10.8%)  |
|                   | 철 도    | 5,491,233④     | 8,147,115<br>(23.5%)  | 1,592,900<br>(4.0%)   | 1,777,079<br>(3.7%)   |
|                   | 합 계    | 50,833,697     | 34,667,040<br>(100%)  | 39,717,935<br>(100%)  | 47,699,284<br>(100%)  |
| 年間運送費             |        | 18,554,300,000 | 12,653,500,000        | 14,497,000,000        | 17,410,200,000        |

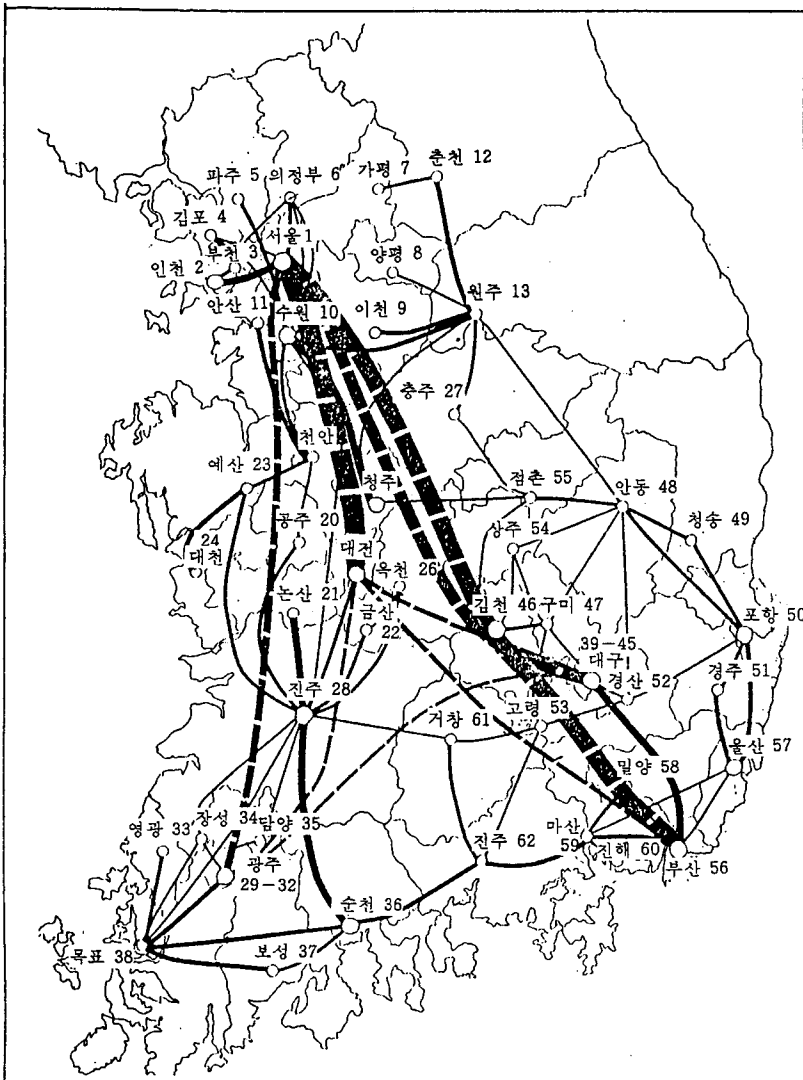
- 註 1) 公路 A : 15톤 이하의 小型트럭(8톤 트럭으로 대표함)
- 2) 公路 B : 15톤 이상의 大型트럭(複合貨物터미널 建設時 據點間 運행될 公路手段을 대표함)
- 3) 調査된 資料가 없으므로 엔트로피 최대화 배분模型을 이용한 結果임
- 4) 89년 運送現況의 運送費는 公路의 경우 평균운송거리를 80km 철도의 경우 220km로 가정하여 산출하였다.
- 5) 營業用, 非營業用 구분없이 우리나라 全體貨物輸送에 소요되는 運送費, 船荷의費用을 모두 포함한 것으로 投賣(DUMPING) 運賃을 고려하지 않고 法庭運賃要件을 기준한 것이다.

(주3) 모든 수송수단의 화물처리능력에 제한을 두지 않은 경우이다.

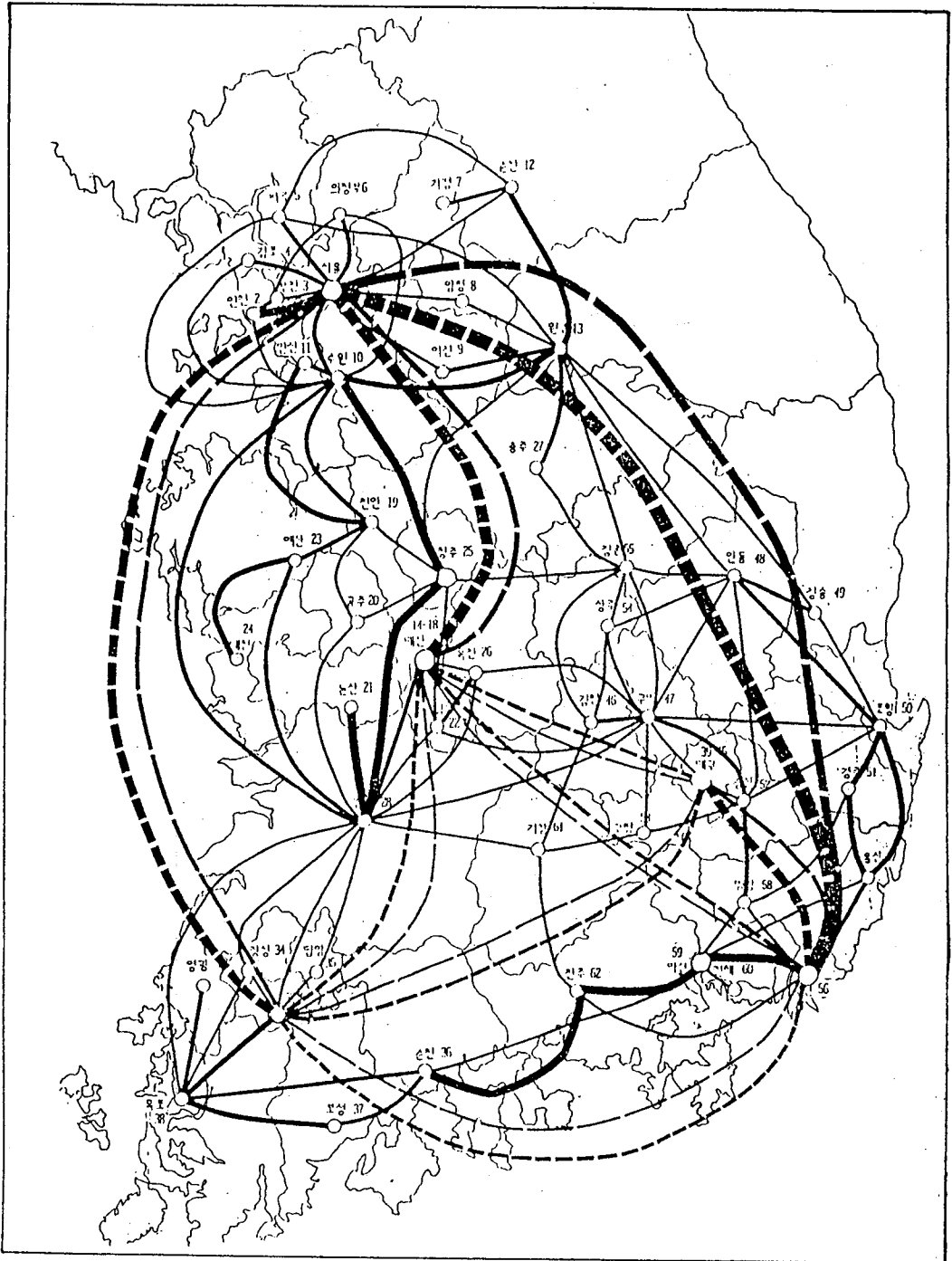
으로 환산하여 적용한다면 결과는 상당히 다른 양상을 보이게 될 것이다. 시나리오 2는 이러한 요소를 감안하여 철도와 공로의 운송 분담율을 각각 20%와 80%로 제한한 경우로 장거리 據點輸送에도 공로가 채택되는 결과를 보이고 있다. 위의 시나리오 1과 시나리오 2에서는 각 복합화물터미널의 候補地에서 貨物의 처리한계능력을 제한하지 않았으므로

가능한 많은 物量이 선·하적 비용이 저렴한 화물터미널을 통하여 수송되는 결과를 보여주고 있다. 따라서 이들은 수송비절감을 최대로 할 수 있는 각 후보지들의 최대규모를 나타내고 있다고 할 수 있을 것이다.

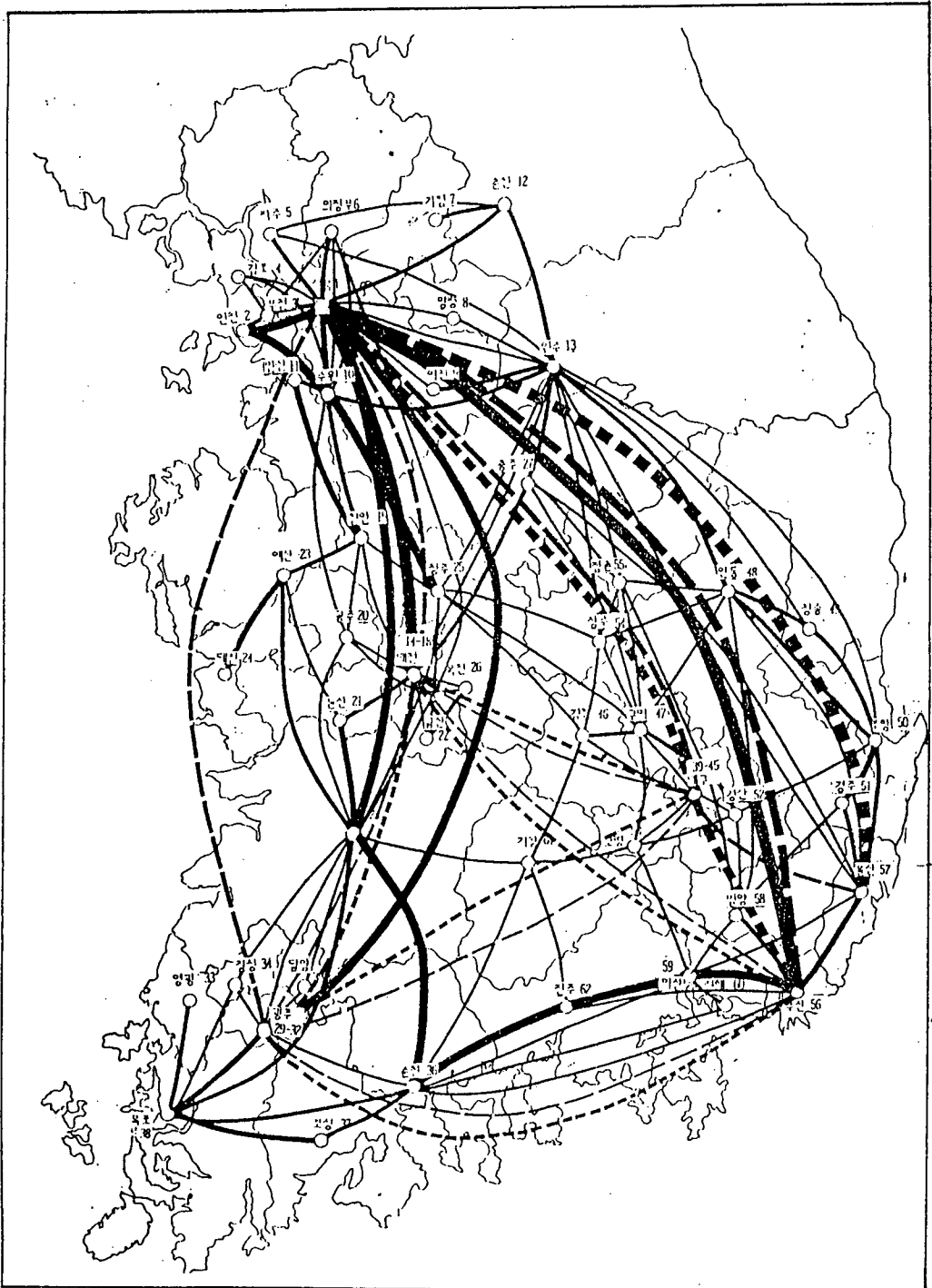
그림 5.2~5.4는 각 시나리오의 지역간 物動量의 수송패턴과 복합화물터미널의 立地를 공간적으로 나타낸 것이다.



(그림 5.2) 지역간 物動量 흐름도(시나리오 1)



〈그림 5.3〉 지역간 物動量 흐름도(시나리오 2)



〈그림 5.4〉 지역간 物動量 흐름도(시나리오 3)

그러나 각 都市의 확보가능한 土地의 規模나 貨物의 성격상 터미널을 利用하지 않을 貨物을 고려하면 그 規模는 훨씬 작아질 것이다. 시나리오 3은 각 후보지에서 1일 처리할 수 있는 貨物量을 20만톤으로 제한했을 경우의 輸送패턴과 複合貨物터미널의 立地決定을 보여주고 있다.

표 5.5는 각 시나리오에서 選定된 각 候補立地에서 複合貨物터미널을 통하여 처리되는 物量과 활용수준(activity level)을 나타낸 것이다.(주 4)

<표 5.5> 터미널 利用狀態

| 區 分    | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3      |
|--------|------------|------------|-----------------|
| 서울(01) | 564,120톤   | 561,120톤   | 200,000톤(100%)  |
| 대전(15) | 158,428톤   | 158,428톤   | 158,428톤(79.2%) |
| 광주(31) | 100,650톤   | 100,650톤   | 100,650톤(50.3%) |
| 대구(40) | 179,264톤   | 179,264톤   | 179,264톤(89.6%) |
| 부산(56) | 301,166톤   | 301,166톤   | 200,000톤(100%)  |

대전, 광주, 대구의 3都市에서는 모든 시나리오에서 複合貨物터미널을 통하여 처리되는 物量이 동일하게 나타나는데 반하여 서울과 부산의 경우 複合貨物터미널의 處理能力을 1일 200,000톤으로 제한하지 않을 경우에는 상당히 많은 物量이 이들 貨物터미널을 통하여 수송되는 결과를 보이고 있다. 여기서 시나리오1과 시나리오2에 나타난 각 지역에서의 複合貨物터미널의 활용수준은 複合貨物터미널 設置를 위한 豫算이나 土地 등에는 전혀 제약이 없을때의 전체적 輸送費 최소를 위한 輸送體系를 상정하고 있다. 이는 小規模의 여러지역에서 불편과 불합리한 輸送이 이루어지더라도 두 據點地域을 집중적으로 활용함으로 인한 경제적 便益이 매우 큰 것을 의미하기도 한다.

이상의 각 시나리오의 결과로 나타난 複合貨物터미널의 最適立地和 規模의 변화와 시나리오들의 輸送費의 節減과 費用사이의, 또는 상충하는 目的들 사이의 상호비교를 함으로서 貨物輸送體系 改善을 위한 複合貨物터미널 투자에 대한 意思決定에 도움이 되는 의미있는 資料를 제공할 수 있을 것이다.

6. 結 論

본 論文에서는 우리나라 貨物輸送體系 效率化 방안의 하나로 運送費切感を 최대화하면서 투자비용을 최소화할 수 있는 複合貨物터미널의 最適立地和 設立規模를 결정할 수 있는 數學的計劃模型을 소개하고 이를 시험적으로 적용하였다.

물론 貨物輸送에 있어 輸送手段이나 經路의 선택이 단순한 運送費 비교로만 決定될 수 있는 것은 아니지만 본 論文에서는 다른 선진국들의 貨物輸送의 경우에 비해 우리나라에서 특히 많은 比重을 차지하고 있는 運送費 部門을 節減할 수 있는 巨視的 次元에서의 效率的 輸送體系를 제시하는 것을 目的으로 하였으므로 보다 微視的인 분석이 요구되는 貨物의 特性이나 貨主의 속성들에 대한 내용은 다루지 않았다.

또한 본 論文에서 사용된 模型은 貨物의 需要, 運賃, 交通網 등을 미리 주어진 것으로 가정하는 決定的模型(deterministic model)이므로 運賃이나 交通路의 變化 등에 따른 貨物需要의 變動 등을 감안할 수 없는 한계점을 지니고 있다.

특히 본 논문에 포함된 세가지 시나리오는 단순히 模型의 시험적 적용의 예를 제시할 目的으로 구성된 것으로 여기에 나타난 數值나 結果들이 어떤 절대적인 의미를 갖는 것

주 4) 이 시나리오들에서는 貨物의 需要에 대해 자가용과 영업용의 구분을 하지 않고 어느 貨物이든지 複合貨物터미널을 이용하는 것이 經濟的일 경우에는 複合貨物터미널을 이용할 것으로 假定하였다. 그러나 실제 자가용차량에 대한 貨物과 영업차량에 대한 貨物은 그 行態에 있어 상당한 차이가 있으므로 이에 대한 區分을 하여 模型을 적용할 수도 있을 것이다.

은 아니다. 그러나 앞으로 보다 신빙성있게 준비된 資料들이 投入되고 시나리오의 構成 및 假定의 設定을 보다 현실에 附合되도록 재구성하면 그 結果로부터 貨物輸送體系 改善에 대한 의미있는 방향을 제시할 수 있을 것이다.

또한 보다 현실성 있고 구체적인 貨物輸送體系 改善方案을 제시하기 위해서는 貨物輸送문제에 나타나는 여러 動的인 특성들도 감안하여 確率的 요소들이 模型에 가미될 수 있다.

그러나 여기에 소개된 數學的計劃模型은 앞에서 언급한 많은 限界点에도 불구하고 있는 그대로, 혹은 目的函數式이나 條件式에 약간의 수정을 통하여 交通과 관련된 거의 모든 施設物의 立地選定問題에 適用하여 의미 있는 結果를 얻을 수 있을 것이다.

適用이 가능한 대표적인 분야로는 각종 倉庫施設의 立地選定問題, 港灣施設의 立地選定 및 改善問題, 공장이나 中間拜送센터의 立地選定問題, 觀光施設의 立地選定問題, 댐의 立地 및 規模決定問題 등을 들 수 있다.

#### 參 考 文 獻

- 交通開發研究院, 1990, 貨物流通體制 合理化 方案 研究, 中間報告書
- 交通開發研究院, 1989, 複合貨物터미널 妥當 性에 관한 研究
- 交通開發研究院, 1986, 貨物輸送體制 改善에 관한 研究
- 國土開發研究院, 1988, 流通産業 實態分析과 地方流通機能 活性化方案
- Balinski, M. L., 1961, Fixed Cost Transportation Problem, Naval Research

Logistics Quarterly 8, 41-54.

- Balinski, M. L., 1965, Integer programming : methods, uses, computation Management Science 12, 253-313.
- Beckmann, M. and T. Marshak, 1955, An activity analysis approach to location theory, *kyklis* 8, 128-141.
- Hitchcock, F. L., 1941, The distribution of a product from several sources to numerous localities, *Journal of Mathematics and Physics* 20, 224-230.
- Kang, S. P., 1989, "Improvement Strategy for Cargo Transportation of Korea", PECC Conference paper on Triple Ts, Bangkok, Thailand.
- Lee, K., 1987, Multiobjective Mathematical Programming Models of Intertemporal Multicommodity Distribution Problems, Ph.D. Thesis, Boston University, Boston.
- Ratick, S., J. Osleeb, M. Kuby, and K. Lee, 1987, Interperiod network storage location-allocation (INSLA) models, in *Spatial Analysis and Location Allocation Models* edited by Ghosh, A. and G. Rushton, Van Nostrand, New York, 269-301.
- Wilson, A., 1968, Interregional commodity flows : entropy maximising approaches, Centre for Environmental Studies, Working paper 19.
- \* 本論文에 사용된 資料의 收集과 分析을 위해 수고해 주신 交通開發研究院의 이명현, 이상민, 백호중 연구원께 감사드립니다.