

□ 論 文 □

地下鐵路線의 代案設定과 評價分析에 關한 事例研究

A Case Study of Generating and Evaluating Subway Network Alternatives

林 承 達\*  
(江慶大 地域開發學科 助教授)

李 仁 遠\*\*  
(弘益大 都市計劃學科 副教授)

目 次

- I. 序論
- II. 地下鐵路線代案의 設定
- III. 地下鐵路線代案의 評價
- IV. 結論

ABSTRACT

Alternative generation and evaluation in the transportation planning process are generally considered the two most important areas of research. It is, however, unfortunate that most of Korean transportation network systems are evolved without thorough investigation of alternatives and that underplanned systems as well as over-planned systems are blamed for the current transportation problems.

This paper investigates the practical use of formal methodology of alternative generation and evaluation. The maximum possible alternative network approach and the computer oriented network evaluation method developed by KIST and applied for Pusan subway study are summarized to demonstrate their practical usefulness. The practical problems centering around the quantification of evaluation criteria are also summarized for further studies.

I. 序 論

地下鐵은 地域成長에 至大한 影響을 미쳐 計劃의 發表만으로도 地價의 變化等 여러 波及效果를 招來할 뿐 아니라 投資費用이 尠大한 대비하여 일단 投資되면 移設할 수 없는 硬直性을 가지고 있으므로 事前에 그의 正效果와 負效果가 綿密히 評價된 후 建設되어야 한다. 그러나 우리나라는 交通計劃案에 대한 綜合적이고 客觀的인 評價없이 政策立案者의 政策的意

志나 主觀的인 判斷에 의해 計劃이 執行되는 경우가 적지 않았고 이로 인한 投資의 非效率과 施行錯誤 또한 없지 않았다.

이와 같이 交通計劃代案에 對한 評價分析作業이 소홀히 되었던 原因은 첫째 外國에서는 交通網 設計技法 等에 關한 研究가 活發하나 國內에는 이에 대한 研究가 不振하였고 둘째 外國에서 開發導入된 評價技法이 너무 理論的이고 우리 實情에 맞지 않아 우리나라에 實際適用하는 데에는 資料 및 分析費用 等の 制約

\*本學會 理事

\*\*本學會理事·交通計劃博士

으로 어려움이 많았으며, 셋째 交通專門家の 不足으로 科學的 評價를 施行하여 事業을 推進하는데에는 技術的인 어려움이 있었고 넷째 그간은 經濟活動이 比較的 未分化되고 交通投資事業規模도 比較的 적어 政策立案者의 主觀的 判斷에 의해서도 성공적인 事業遂行이 可能하였기 때문이다.

그러나 最近 急激한 經濟成長과 都市의 巨大化로 都市體系가 複雜多枝化되고 交通需要가 大量多樣化되며 交通投資規模가 大型化됨에 따라 從來와 같은 主觀的 判斷에 의한 交通計劃이 事實上 어려워졌으며, 綜合的이고 科學的인 交通計劃代案의 設定과 評價가 불가피하게 되었다. 換言하면 從來와 같은 二次元的 平面空間(地圖)上的 主觀的인 判斷에 의한 評價方法에서 脫皮하여 動的(dynamic)인 活動空間에 時間的 變化까지 考慮된 四次元的 空間에서 交通과 關聯된 諸般變數의 因果關係가 糾明되고 諸般效果(consequences)와 影響이 多角으로 檢討되는 綜合的計劃設計方法이 要請되기에 이른 것이다.

本 研究은 이러한 背景下에서 進歩된 交通計劃方法論을 土着化시키기 위한 試圖의 일환으로서, 釜山市 地下鐵 路線計劃을 對象으로 實用的인 交通代案 設定 및 評價方法을 提示하고 이에 對한 向後의 研究座標를 設定하는데 研究目的을 둔다.

## Ⅱ. 地下鐵 路線代案의 設定

### 1. 地下鐵計劃의 必要性

交通計劃은 目標指向的 過程(Goal-seeking

Process)으로 計劃代案의 設定에 앞서 計劃의 必要性에 대한 깊은 認識과 目標가 定立되어야 한다. 이를 위하여 地下鐵建設의 意義와 目的을 釜山市를 中心으로 要約整理하면 다음과 같다.

첫째 釜山市의 最近 6年間(1973~1979)의 年平均 通行量 增加率은 11.5%로 同期間中의 道路延長增加率 1.8%를 크게 上廻하여 急增하고 있다.<sup>1)</sup> 특히 2001년에는 現在水準의 4.2倍인 12,366千通行(Machanized Trip)으로 激增할것이 展望되고 있다.<sup>2)</sup> 그러나 道路增加는 地形의 制約과 道路用地 確保難, 그리고 財源의 限界等으로 交通量 增加水準을 크게 못 미칠 것으로 판단되며 既存 交通體系를 그대로 持續하는 경우 釜山市 거의 모든 幹線 道路가 交通痲痛現象을 일으켜 市民의 不便은 물론 都市成長이 크게 萎縮될 것이 確實視된다.<sup>3)</sup> 따라서 現在의 路面交通의 飽和狀態는 물론 將來 急增하는 交通需要에 對處하여 釜山市가 持續的인 都市發展을 하기 위해서는 地下鐵과 같은 輸送效率이 높은 大量 手段의 導入이 不可避할 것으로 判斷된다.

둘째 新都市開發, 都市 擴散(Urban Sprawl) 등으로 市民의 通行距離가 길어짐에 따라 通行時間도 增大되고 있으며 이로 인해 社會 經濟的 損失은 물론 外廓地域의 開發이 障礙를 받고 있다.

韓國科學技術研究所 研究結果<sup>4)</sup>에 의하면 最近 6年間(1973~1979) 釜山市 버스通行市民의 平均通行時間은 13분이 增加한 것으로 나타났다. 地下鐵 1號線의 開通은 通行時間을 크게 短縮시켜 이를 貨幣價值로 換價하면 年間 297 億원(2001年基準)에 이르는 것으로 推定

1) 韓國科學技術研究所 附設 地域開發研究所, 釜山市 交通需要分析에 關한 研究, 1979.10, p.443.

2) 韓國科學技術研究所 附設 地域開發研究所, 釜山市 綜合交通計劃, 1980.11, p.127.

3) 交通痲痺現象을 극복하기 위하여 道路를 의욕적으로 擴張할 경우 中央路를 中心으로한 既存 都心은 모두 道路로 轉用되어야 함. 上揭書 pp.162~168 參照

4) 韓國科學技術研究所 附設 地域開發研究所, 釜山市 地下鐵 第1號線 經濟性 調查研究, 1980.6, p.169.

되었다. 따라서 釜山市 外廓地域開發과 都心機能分散은 물론 市民의 通行時間을 短縮하기 위해서는 釜山市도 高速手段의 開發이 時急한 것으로 判斷된다.

셋째, 限定된 에너지資源과 國際 에너지 파동등을 감안할 때 에너지 節約的인 輸送手段을 必要로 하고 있으며 國土 空間이 좁은 우리나라는 土地占有도가 낮은 輸送手段의 開發이 要請되고 있다. 地下鐵은 既存 大衆交通手段에 비해 에너지 節約的이고 土地占有도가 낮은 交通手段으로서 地下鐵 1號線이 開通되는 경우 2001年間 719億원의 走行費 節減이 있을 것으로 推定된다.<sup>5)</sup>

네째, 우리나라는 交通事故發生率이 가장 높은 나라중의 하나로 釜山市의 交通事故만 해도 1979年 死亡 477名 負傷 12,049名 物的被害 3억 8천만원에 이르고 있다. 따라서 地下鐵이 建設되면, 交通事故가 크게 減少되어 年間 49억원의 交通事故減少便益이 發生될 것으로 推定되므로, 安全性이 높은 地下鐵을 擴充할 必要가 있다.

## 2. 代案設定의 方法과 過程

地下鐵 計劃代案의 設定은 地下鐵 計劃의 質을 左右하는 一連의 交通計劃 過程中 가장 重要한 作業으로서 代案設定이 適切하지 못하면 아무리 評價方法이 훌륭해도 좋은 計劃이 創出될 수 없다. 그러나 이와 같은 重要性에 비해 代案設定에 대한 典型的인 方法은 아직 定立되어 있지 못하고 다만 지금까지 國內外 交通計劃에서 活用되고 있는 代案設定方法을 大別하여 보면 計劃家等의 主觀에 의한 定性的인 接近方法과 體系分析을 利用한 定量的인 接近方法으로 大別될 수 있다.

定性的인 代案設定方法은 從來 흔히 使用되

었던 方法으로 最近에는 都市規模가 巨大해지고 交通體系가 복잡해짐에 따라 그 效用性이 크게 制約되고는 있지만 計劃對象地域 事情에 밝고 오랜 經驗을 가진 實務者에 의해 計劃이 樹立되는 경우 實現性있고 現場感있는 代案이 될 수 있는 長點이 있다.

한편 定量的인 接近方法은 「Implicit Enumeration Method」等 定數計劃法과 電算機의 容量增大에 따라 最近 널리 普及되고 있는 方法으로서 客觀的이고 綜合的인 強點이 있으나 分析費用이 많이 들 뿐아니라 計量化할 수 있는 變數의 限界때문에 아직 完全無缺한 方法이 되지 못하고 있다.

따라서 代案의 設定은 方法論上의 科學性確保도 重要하지만 計劃家의 經驗과 資質도 無視될 수 없으며 좀 더 合理的이고 實現可能한 代案을 設定하기 위해서는 이들 兩 接近方法을 병용하는 것이 바람직하다. 이러한 意味에서 「독시아디스」(Doxiadis)가 提創한 IDEA方法 (Increase Demension Eliminate Alternatives Method)도 再吟味해볼만하며, 本 研究는 最善의 地下鐵路線代案을 創案하여내기 위해서 定性的인 方法과 定量的인 方法을 並用하는 方向으로 事例研究를 遂行하였다.

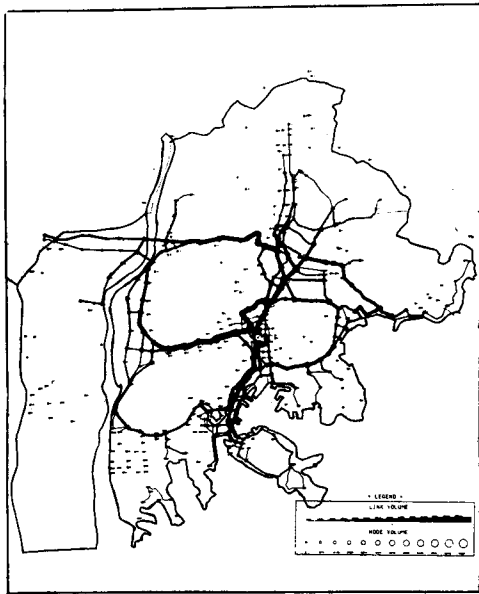
즉, 政策實務者, 市民, 交通專門家等 關聯人士(Inter-Partier)들로 부터 廣範圍한 計劃案을 수집하여 最大可能 地下鐵路線計劃(Maximum Subway Network Plan)을 樹立한 후 이를 定量的인 體系分析을 통하여 代案을 濾過(screen)시키는 方法을 活用하였는 바 그 作業過程을 約述하면 다음과 같다.

① 釜山市 都市 및 交通現況分析을 행한 후 典型的인 交通需要豫測模型을 통하여 交通需要를 豫測한다( Ⅲ章 2節 參照)

② 交通需要 豫測結果를 INAM(Incremen-

5) 前掲書, p.170.

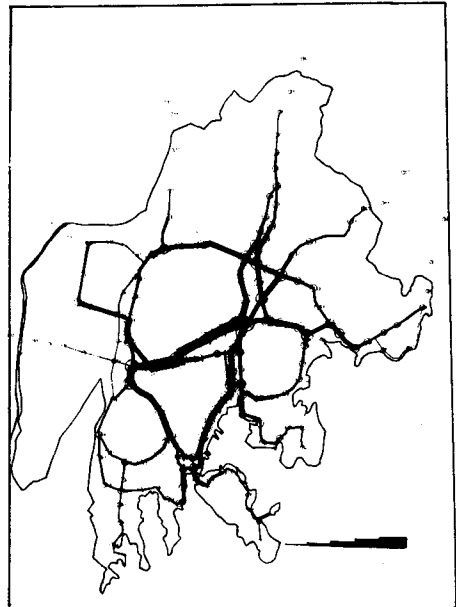
tal Network Assignment Model)等을 利用하여 既存街路網에 配定하여 各 街路區間別 負荷交通量을 豫測하고 이를 交通容量과 比較함으로써 隘路區間을 把握한다(〈圖 1〉 參照).



〈圖 1〉 街路區間別 負荷交通量 推定圖 (2001年 러시아워)

③ 交通負荷量 및 隘路區間 分析結果를 土台로 主要交通軸에 地下鐵路線을 設定하고 여기에 既存計劃案을 비롯해, 市民, 政策立案實務者, 交通計劃家 等の 計劃案을 첨가시켜 最大可能地下鐵路線計劃(Maximum Rapid Transit Network Plan)을 定立한다(〈圖 2〉參照).

④ 最大可能地下鐵路線網에 INAM等에 의해 交通量을 配定하여 地下鐵 路線區間別 負荷交通量을 豫測한 후 地下鐵 路線選定基準을 設定하여 不合理한 路線을 삭제하고 수 많은 路線區間의 組合代案中 數次에 걸친 修正·補完의 濾過過程을 거쳐 妥當性 높은 代案(Feasible Alternative)을 設定한다



〈圖 2〉 最大 地下鐵路線 區間別 負荷交通量 (2001年 러시아워)

## 2. 路線代案의 設定

以上의 一連의 路線代案 設定過程을 통하여 最終的으로 選定된 釜山市 地下鐵 路線代案은 〈表 1〉과 〈圖 4〉에서 〈圖 10〉과 같다.

地下鐵 路線代案 I 은 釜山市當局의 地下鐵 基本計劃案으로서 公設運動場-中央路-久瑞洞의 第 1 號線(中央線)과 沙上甘田삼거리-西面-水營의 第 2 號線(東西線), 田浦洞-社稷洞-連山로타리-松亭의 第 3 號線(松亭線), 公設運動場-下端-華明洞의 第 4 號線(下端線) 그리고 水營로타리-連山로타리-安樂洞-盤松洞의 第 5 號線(盤松線)으로 構成되어 있다. (〈圖 4〉 參照)

한편 地下鐵路線代案 II 는 路線代案 I 의 盤松線을 없애고 通行發生密度가 높은 주례-초읍-수영노선을 新設하는 案이고 地下鐵 路線代案 III 은 盤松線과 松亭線을 없애고 金海-忠烈橋-海雲台路線을 新設하는 案이다. 路線代

案Ⅳ는 영도-송도-장림노선의 신설을 비롯하여 가장 혁신적인路線案이고, 路線案Ⅴ

와 路線案Ⅵ은 各案의 路線組合을 一部調整해 본 것이다.

〈表 1〉 路線計劃案의 概要

區分 代案	路線數 (個)	亭留所數 (個所)	總延長 (km)	特 性
第Ⅰ代案	5	91	78.7	釜山市 基本地下鐵計劃案으로서, 既存 交通패턴과 政策意志가 充實히 反映된 案
第Ⅱ代案	5	90	95.7	第Ⅰ代案의 盤松線을 삭제하는 대신 通行 發生密度가 높은 草邑 蓮池와 水營·區間을 新設하는 案
第Ⅲ代案	4	81	86.0	盤松線과 松亭線을 삭제하는 대신 金海 田園 都市와 海雲臺를 連結하는 東西線 路線을 新設하는 案
第Ⅳ代案	5	101	111.8	基本 計劃案의 1號線 以外的 全 路線을 과감히 改編하여 循環線을 삽입하고 영도와 송도, 장림을 잇는 新路線을 삽입하는 革新的인 案
第Ⅴ代案	5	97	106.6	第 1, 2 號線은 第Ⅳ代案의 第 1, 2 號線과 同一하고 第 3, 4 號線은 第Ⅲ代案의 第 3, 4 號線과 同一하나 수영로·전포로를 通過하는 第 5 號線 新設
第Ⅵ代案	4	90	99.3	第 1, 2 號線은 第Ⅳ代案과 第 3 號線은 第Ⅱ代案과 循環線은 第Ⅳ代案과 同一한 案

Ⅲ. 地下鐵 路線代案의 評價

1. 評價方法 및 基準

(1) 評價方法의 類型과 特性

路線代案 評價에는 지금까지 여러 方法論이 開發되어 活用되고 있으나 모두 多少間의 問題點을 內包하고 있어 완벽하고 典型的인 評價方法이 되지 못하고 7) 評價事業의 特性과 目的에 따라 選擇·使用되고 있는 바 評價接近方法을 大別하여 그 特性을 살펴보면 다음과 같다.

① 主觀的 評價 接近方法(Pure Judgment Approach)

交通代案 評價作業도 ‘政策問題’라는 社會現象을 다루는 한 아무리 정교한 客觀的 評價方法이라도 어느정도의 價値判斷(Valuation)이나 假定이 不可避하지만 다른 評價方法은 分析的, 經驗的 立場에서 現象을 파고드는 科學精神에 土台를 둔 反面, 本 評價方法은 計劃家의 主觀的 判斷이나 政策立案家의 政治的 意志에 全的으로 依存하는 方法이다.

7) Marvin. L. Manheim *Fundamentals of Transportation systems Analysis Vol.1; Basic Concepts*, MIT Press 1979, p.360.

이러한 評價方法은 從來부터 가장 많이 利用되고 있는 方法으로서 資料 및 分析費用이 不足하거나 環境變化가 不確實(stochastic)하여 豫測이 不可能한 경우 또는 小規模 投資事業인 경우 有用한 方法이 될 수 있으며, 最近에는 評價者의 主觀介在를 最小化하기 위해서 여러 關聯專門家의 意見을 綜合하는 「델 파이」(Delphi) 方法等 여러 手法들이 開發·活用되고 있다.

② 經濟的 接近方法

交通計劃案에 대한 費用과 便益을 모두 貨幣價値化하여 經濟的 側面에서 比較·評價하는 方法으로서 便益·費用의 比較方法에는 現在價値로 割引된 總便益과 總費用의 差異인 純現在價値 (Net Present Value)를 利用하는 方法, 割引된 費用과 便益을 같게 만드는 內部收益率(Internal Rate of Return)을 利用하는 方法, 便益과 費用의 比率(Benefit / Cost Ratio)을 利用하는 方法, 便益의 累計와 같아지기 위하여 필요한 資本回收期間(Pay-back Periods)을 利用하는 方法 등이 있다.<sup>8)</sup>

이와 같은 經濟的 評價方法은 評價者의 主觀이 介在될 여지가 적고 單一한 評價尺度(貨幣價値)로 比較가 可能하여 公共投資事業評價에서 가장 널리 活用되고 있으나, 社會的 便益 및 費用의 判別과 貨幣價値化하는데 많은 어려움이 있고 評價項目이 貨幣價値가 可能한 部分에만 限定되며, 그밖에 割引率 決定이나 公共投資의 所得 再分配效果에 關聯된 여러 問題點 등이 있다.

이러한 結점을 補完하기 위한 試圖로서 「리 퀴필드」(Lichfield)는 計劃 貸借對照表技法(Planning Balance Sheet)을 開發하였다.<sup>9)</sup> 이 方法은 計劃案의 影響을 받는 當事者群(利用者, 供給者)에 일어나는 모든 事項을 金錢的 혹은 物量的으로 計測하고 非計量要素도 빠짐없이 記載하여 包括的인 社會會計(Social Account)을 作成한 후 二重計算, 振替支拂(Transfer Payment) 共通項目을 削除하여 完全한 貸借對照表를 作成하는 것이다. 따라서 本 方法은 最初에는 包括的인 立場에 있다가 점차 削除해 감으로써 計劃案의 社會的 費用과 便益이 遺漏되는 것을 防止할 수 있고 計劃의 財務的 分析도 함께 포함되어 各階層間의 得失을 一目瞭然하게 알 수 있어 政策執行에 큰 도움을 줄 수 있다.<sup>10)</sup>

③ 評點尺度 接近法(Rating-type Evaluation)

本 接近方法은 經濟性 分析이 너무 貨幣價値的 評價에 치우쳐 評價過程이 本來 目的과 멀어져 가는 데 대한 反論으로서 Hill(1967)<sup>11)</sup> Schimpeler와 Grecco(1968)<sup>12)</sup> Falk(1968)<sup>13)</sup> 등에 의해 開發되었으며, 이의 類型으로는 線型評點函數法(Linear Scoring Function) 多邊效用函數法(Multi-attribute Utility Function) 目標成就行列法(Goals Achievement Matrix)等 여러 技法이 있다.

本 評價方法은 計劃案에 影響을 주는 여러 變數에 尺度를 주어 各 代案의 相對的인 點

8) Hans A. Adler, *Economic Appraisal of Transport Projects* Indiana University Press, 1971, p.41

9) Lichfield, N. *Cost-benefit Analysis in City Planning* Journal of the American Institute of Planners, Nov. 1960, p.273.

10) Margret Roberts *Town Planning Techniques* Huchinson & Co. 1980, p.137-141.

11) Hill, M. *A Method for the evaluation Transportation Plans* Highway Research Record No. 180, HRB 1967.

12) Schimpeter, C.C. and W.L. Grecco, *System Evaluation*, HRR No.238. MRB 1968.

13) Falk E.L. *Measurement of Community Values ; The Spokane Experiments* HRR No.229, HRB 1968

數의 크기로 代案을 評價하는 方法으로 一般的인 式으로 나타내면 다음과 같다.

$$S_i = \sum_{jk} W_{jk} X_{ijk}$$

여기에서,

$S_i$  : 代案  $i$ 의 總點數

$X_{ijk}$  : 代案  $i$ 의  $j$ 계층에 영향을 주는  $k$ 타입의 영향수준

$W_{jk}$  :  $j$ 계층에 의해서  $k$ 타입영향에 부여되는 가중치

本 接近方法은, 相對的인 計量化만 可能한 限, 交通施設 投資의 妥當性分析과 같은 絶對的인 評價는 할 수 없고 하나의 總合指數로 나타내기 위한 加重值의 부여상에 어려움이 있으나 모든 變數를 計量化할 수 있다는 側面에서 強點이 있다.

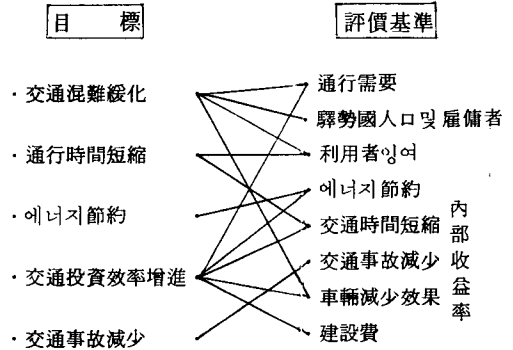
(2) 評價 方法 및 基準

以上에서 살펴 본 바와 같이 路線代案評價方法은 여러가지가 지금까지 開發되어 活用되고 있으나 이들 중 經濟的 評價方法이 貨幣價值化될 수 있는 變數의 制約에 對한 論難에도 불구하고 比較的 妥當性 있는 方法으로 認定되어 가장 널리 活用되고 있다. 本 事例分析 研究에서도 經濟的 評價에 重點을 두되 交通計劃은 目標指向的 過程이므로 앞에서 設定한 地下鐵 計劃의 目標에 부합될 수 있는 評價基準이 包含되도록 하였다.

즉, 本 地下鐵 計劃의 目標은 第II章에서 前 述하였 듯, 交通混雜 緩화와 通行時間 短縮等 5個로 나타낼 수 있으며 이들 目標을 計量化할 수 있는 評價指標은 通行需要(Patronage), 車輛減少效果, 利用者剩餘(Consumer's Surplus) 交通時間 短縮等 9個로 나타낼 수 있다.

〈表 2〉는 本 地下鐵 計劃의 目標에 따른 評價基準의 設定關係를 나타낸 것이다.

〈表 2〉 代案評價基準의 設定



2. 評價基準의 計量化

(1) 通行需要

通行需要는 評價의 基礎가 되는 것으로 通行發生量豫測(Trip Generation Model)은 住居地를 中心으로한 日常通行(Home Based Trip)은 類似集團分析法(Category Analysis)에 의해 推定하였고, 非住居地를 中心으로한 非日常通行(Non-home Based Trip)은 回歸分析法(Regression Analysis)에 의해 豫測하였다. 通行分布 및 手段分擔量豫測(Trip Distribution & Mode Choice Model)은 「엔트로피 極大化理論(Entropy Maximization Theory)에 의해 定立된 重力式模型(Gravity Model)을 基本으로 한 同時的模型(Joint Choice Model)에 의해 推定하였고 地下鐵 路線豫測(Network Assignment)은 全量 혹은 非配定(All or Nothing)方法으로 最小時間徑路에 漸進的으로 配定하는 INAM方法(Incremental Network Assignment Model)을 利用하였다.

(2) 驛勢圈人口 및 雇傭者

驛勢圈 人口 및 雇傭者는 直接的인 交通需要를 把握하는 指標가 될 수 있는 것으로 驛勢圈은 地域特性, 驛間距離 步行距離等を 考慮하여 設定하는 것이 一般的이다. 釜山市의 경우는 各代案의 平均 驛間距離가 1.06 ~ 1.10km(最大距離 2.5km)이고 一般的인 最大 步行距離 基準이 700~800m인 점을 堪案하여 半徑 750m로 하였으며 驛勢圈內 人口 및 雇傭者 推定은 KIST에서 釜山市 綜合交通計劃(1980)을 위해서 推定한 準別 雇傭者 및 人口資料를 利用하였다. 이때 準의 境界와 驛勢圈이 不一致하거나 驛勢圈이 重復되는 경우에는 準內 各地域의 開發密度를 堪案하여 驛勢圈의 準에 대한 比重을 算定하고 이를 통해서, 驛勢圈 人口 및 雇傭者를 推定하였다.

(3) 建設費(Construction Cost)

建設費는 投資費의 大部分을 占有하는 것으로 代案評價에 重要한 比重을 갖는다. 따라서 可能한 限 正確하게 推定하여야 하나, 이를 위해서는 細部 實施設計가 必要하고 이는 많은

費用과 時間이 所要되므로 事業施行可否가 未定인 代案評價段階에서는 過去 建設費 實績을 土台로 한 原單位法에 의해 建設費를 概略的으로 推定함이 一般的이다.

本 研究에서는 各 路線의 建設形態를 地形, 및 地域條件, 環境問題, 路線延長 및 投資財源規模 土木技術水準等を 概略的으로 考慮하여 地下區間, 地上區間, 高架區間으로 나누고 建設費項目을 土木, 建築, 軌道, 電氣信號, 通信, 其他로 나누어 서울市 地下鐵 建設實績을 土台로 釜山市 實情을 堪案하여 建設費 原單位를 算出하고 이를 통하여 建設費를 <表3>과 같이 推定하였다.

(4) 消費者 剩餘(Consumer's Surplus)

消費者 剩餘란 交通體系가 改善됨으로 因하여 利用者가 받는 便益을 말하는 相對的 概念으로 이를 圖示하면 <圖3>과 같다.

<表 3>

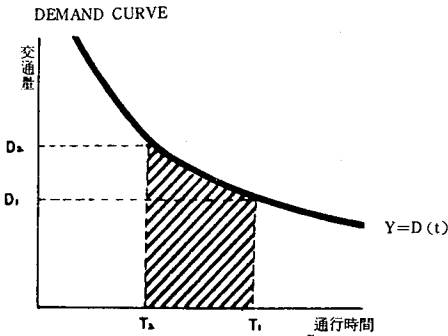
工程別 建築費 原單位 推算

(1980年不變價格)

工 程	本線km當建設費(百萬元)			驛個所當建設費(百萬元)		
	高 架	地 上	地 下	高 架	地 上	地 下
土 木 費	3,450.0	1,500.0	7,000.0	1,500.0	600.0	3,450.0
建 築 費				850.0	800.0	850.0
軌 道 費	300.0	300.0	300.0	55.5	55.5	55.5
電氣施設費	1,300.0	1,300.0	1,300.0	240.5	240.5	240.5
信號施設費	460.0	460.0	460.0	85.1	85.1	85.1
通信施設費	115.0	115.0	115.0	21.3	21.3	21.3
其 地	337.5	220.5	550.5	165.1	108.1	282.1
計	5,962.5	3,895.5	9,725.5	2,917.5	1,910.5	4,984.5



〈圖 3〉 消費者 剩餘曲線



즉 元來 通行量  $D_1$  이  $T_1$  걸려서 通行하던 것이 交通體系가 改善됨으로써  $T_2$  걸려서 通行할 수 있게 되었고 이에 따라 交通需要도  $D_1$  에서  $D_2$  로 增加되었다면 消費者는 빚금친 부분만큼의 便益을 받았다 고 생각할 수 있다. 이때 그 量은

$$cs = \int_0^{T_1} D(t) dt - D_1 T_2 \text{ 로 算出할 수 있으며}$$

여기에서 需要曲線을 直線으로 假定한다면

$$cs = \frac{1}{2} (T_1 - T_2) \cdot (D_2 + D_1) \text{ 이된다.}$$

本 研究에서는 이를 그대로 電算 「프로그램」으로 만들어 消費者 剩餘가 算出될 수 있도록 하였다.

(5) 車輛台數 減少 效果

前述한 交通需要推定模型을 利用하여 各 代案의 地下鐵이 建設된 경우와 안된 경우의 택시, 乘用車, 버스 通行量을 算出하고 이를 平均 台當 輸送人員(Average Occupancy)으로 나눠 各 手段別 車輛台數로 轉換한 후 이를 다시 乘用車 換算台數(Passenger Car Unit: PCU)로 換算할 수 있다.

(6) 에너지 節約 效果

에너지 消費量은 車種別 走行距離와 速度의 함수로서 地下鐵이 建設된 경우와 안된 경우의 手段別 O-D表와 平均走行速度를 交通需要 豫測模型을 통하여 구하고 이에 各 手段의 速度別 走行距離當 에너지 소비량을 算出하여 乘하면 推定할 수 있다. 本 研究에서는 各種 車輛의 速度別 에너지 消費量에 關한 資料를 蒐集하여 이를 SAS (Statistical Analysis System)을 利用하여 模型化 하였던 바 그 結果는 다음과 같다.

$$EC = a_1 SP^3 + a_2 SP^2 + a_3 SP + a_4$$

여기에서

EC : 에너지 消費原單位 (ml / km)

SP : 車輛速度 (km / hour)

$a(i)$  : 媒介常數 ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

〈表 4〉 車種別 「에너지」 消費量模型의 媒介常數

媒介常數	車種	乘用車, 택시 (1,200 cc)	貨物車 (2-4 ton)	貨物車 (6-8 ton)	버 스 (70-86Persons)
	燃料	가 솔 린	가 솔 린	머 켈	디 켈
$a_1$		$-3.81 \times 10^{-4}$	$-1.33 \times 10^{-4}$	$8.23 \times 10^{-5}$	$2.75 \times 10^{-4}$
$a_2$		$7.95 \times 10^{-2}$	$7.21 \times 10^{-2}$	$5.34 \times 10^{-2}$	$2.57 \times 10^{-2}$
$a_3$		-5.39	-7.20	-7.49	-6.28
$a_4$		$1.86 \times 10^3$	$3.62 \times 10^2$	$4.53 \times 10^2$	$4.54 \times 10^{-2}$

(7) 內部收益率 (Internal Rate of Return : IRR)

內部收益率法은 評價期間동안의 社會的 便益과 費用이 같게 되는 割引率을 구하는 方法으로서, 大部分의 사람이 利率에 對한 어느 정도의 判斷基準을 가지고 있고, 資本의 機會費用과 比較하여 資本의 收益性을 評價할 수 있기 때문에 가장 널리 活用되고 있는 方法이다. 그러나 前述하였듯 內部收益率의 算出은 社會的 費用과 便益을 어떻게 選定하고 計量化하느냐하는 問題로 쉽지 않다.

地下鐵 建設에 따른 經濟的 便益은 물론 여러 가지가 있겠으나 大略 通行時間 短縮, 車輛 運行費 節減, 交通事故 減少 등의 直接便益과 地域開發 效果 등의 間接便益이 있으며 經濟的 費用은 建設費와 運營費等 있는데 이를 要約하면 <表 5>와 같다.

한편 이들 項目에 對한 國民經濟的 側面에서 的 貨幣價値化는 私企業과는 달리 至難한 作業이고 특히 間接便益은 因果關係가 明確히 區分되지 않는 한 算定이 不可能하다. 따라서 本研究에서는 投資事業의 經濟的 妥當性分析을 위해 資本의 機會費用을 算出하는데 目的이 있는 것이 아니고 各 代案의 相對的인 經濟的인 優劣을 比較評價하는데 目的이 있으므로 다음과 같이 概略的으로 內部收益率을 算出하였다.

即 費用은 建設費에 限定하고 便益도 直接便益에 局限하였으며 評價期間은 施設物의 耐久年限을 勘案하여 30年으로 하였다.

① 經濟的 建設費

內部收益率을 算出하기 위해서는 前述한 工事費를 經濟的 費用(潛在價格)으로 調整하여야 한다. 그러나 이는 稅金 및 補助金의 公제나 外換費用, 賃金, 利率, 豫備費의 處理問題等 간단하지 않다. 따라서 本研究에서는 經濟

<表 5> 地下鐵事業의 經濟的 便益費用 項目

區 分		項 目	計 量 化 方 法	貨 幣 價 值 化 方 法
經 濟 的 便 益	直 接 便 益	通行時間短縮 車輛運行費節減 交通事故減少  通行安樂感增加	通行時間 (원) 運行費用 (원) 物的被害額 (원) 負傷 및 死亡者 (人) 不 可	時間價値 運行費用 財產被害額 補償費 不 可
	間 接 便 益	地域開發效果  大氣污染 騷 音	所得增大 (원) 地價의 上昇 (원) 汚染物質排出量(PPM) 데시벨(dβ)	所 得 地 價 地 價 地 價
經 濟 的 費 用		施設投資費  管理費	建設費 (원) 車輛台數 (台) 走行距離 (km) 走行管理費 (원)	建設費 車輛購入費 走行費 走行管理費

의 建設費로의 調整幅이 그리 크지 않고 各代案別로 大差가 없어 代案의 優劣을 바꾸어 놓지는 못할 것이라는 前提下에 이의 調整을 無視하였다.

② 通行時間 節約便益

時間 節約便益은 既存 交通手段에서 地下鐵로 通行이 轉換됨으로서 發生하는 地下鐵 利用者의 時間 短縮便益과 車輛疎通이 改善됨으로써 發生하는 地下鐵 非利用者의 時間 短縮便益으로 나눌 수 있으며 이는 電算模型을 통해, 地下鐵이 建設된 경우와 안된 경우의 比較를 통해서 計測적으로 推定될 수 있다.

한편 時間價值費用은 所得水準에 따라 短縮時間의 程度에 따라 또는 時間活用度에 따라 相異하여, 그 算出이 쉽지 않으나 一般적으로 通行者의 賃金水準에 依據한 限界賃金率(Marginal Wage Rate) 方法과 通行者의 選擇行爲에 依據한 限界交換率(Marginal Rate of Substitution) 方法이 널리 쓰이고 있다.

本 研究에서는 賃金率法을 活用하되 交通手段別 平均所得은 1979년 KIST의 교통량조사를 통하여 분석된 결과를 利用하였으며 一般적으로 開發途上國의 時間價值費用은 賃金水準의 3 분지 1 水準程度라는 主張을 받아들였다(〈表 6〉 參照)

〈表 6〉 交通手段別 利用乘客의 時間價值

交通手段	月平均 所得(원)	時間價值 (원 / 분)	서울시민 時間價值 (1977)*
버 스	151,650	4.21	4.75
택 시	280,000	7.78	7.12
乘用車	472,320	13.12	

\* 國際協力事業局, 大韓民國地下鐵 2號線 建設計劃調查報告書, 1977.

③ 走行費 節減便益

走行費 節減便益은 地下鐵 建設에 따라 既存

交通量의 一部가 地下鐵로 吸收되기 때문에 走行速度가 빨라져 나타나는 走行時間 短縮에 의한 便益과 車輛運行台數가 減少하여 나타나는 走行距離短縮便益으로 나눌 수 있다. 走行距離短縮便益은 앞서 算出한 手段別 平均 走行距離를 乘하여 手段別 節減된 總 走行台-km當 走行費用原單位를 乘하여 算出할 수 있다. 그러나 走行距離가 短縮되었다해서 모든 項目의 走行費用이 油類費처럼 減少하는 것은 아니므로 〈表 7〉에서 一般管理費는 除外하였으며 税金 吸入分도 空除시켰다. 이렇게 하여 얻은 最終 走行台-km當 走行費 原單位는 버스 88.1 원, 택시 44.1 원, 乘用車 47.0 원이다.

〈表 7〉 走行費 原單位 內譯(1980)

(單位 : 원 / 走行台-km)

項 目	버 스	택 시	승용차
燃 料 費	56.89	24.48	24.48
雜 油 費	0.82	0.48	0.48
타이어 代替費	12.07	0.72	0.72
修 繕 費	6.4	5.9	5.9
事故 賠償費	7.7	3.2	2.5
人 件 費	45.5	14.5	12.2
保 險 料	2.8	2.0	1.7
減價償却費	21.74	17.43	20.67
檢 查 費	5.7		
其他 諸經費	14.1	22.9	21.9
合 計	173.72	91.61	90.55

한편 走行時間 短縮에 의한 走行費 節減便益은 地下鐵 建設時와 非建設時의 公路手段別 時間節約을 手段別 平均走行時間에 의해 算出한 후 走行時間에 對한 走行費 原單位에 乘하여 推定할 수 있다. 走行時間에 對한 原單位는 距離에 대한 走行費와는 달리 油類等 消耗品費用은 거의 發生하지 않으므로 人件費와 維持管

理費만을 時間에 대한 走行費用으로 보고 <表 8>과 같이 算出하였다.

<表 8> 時間에 관한 走行費 原單位

(1980年不變價格)

區 分	原單位 (원 / 분)		
	人件費	維持管理費	計
버 스	8.2	4.4	12.6
승용차	4.4	9.4	13.8
택 시	5.2	10.1	15.3

④ 交通事故 減少便益

實際로 승용차, 버스 택시 등에서 地下鐵로 轉換된 通行者는 社會 全體立場에서 交通事故의 社會費用을 輕減시키는 役割을 하므로 通行當 交通事故 費用 原單位를 算出하여 交通事故 減少便益을 推定할 수 있다. 交通事故 費用原單位는 釜山市警 交通課의 交通事故 死傷者數에 保險料 最低支給額(死亡者 10 萬원, 負傷者 60 萬원)을 乘하고 여기에 物的被害額을 加算하여 1日 總 交通事故 費用을 算出한 후 이를 釜山市 總 通行量(Machanized Trip)으로 나눠 推定하였는바 1通行當 交通事故費用은 7.51 원으로 나타났다.

3. 路線代案의 評價

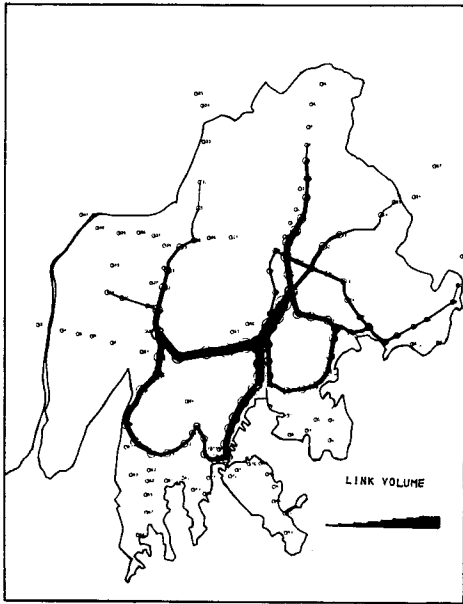
以上과 같은 方法으로 諸評價基準을 計量化한 結果는 <表 9>와 같다.

먼저 各種 評價指標의 基本이 되는 各 代案別 通行需要를 보면 第V代案이 가장 많고 다음은 第VI代案, 第III代案 第I代案의 順이며 第IV代案은 路線延長이 가장 긴 데도 불구하고 가장 적게 나타나고 있다. 그러나 通行需要는 總量보다는 單位延長當 通行量이나 路線區間別 通行分布가 重要하다. 왜냐하면, 路線延長이 길면 通行需要가 많아질 수 있고 驛間 通行需要에 隔差가 심하면 地下鐵 運行效率이 低下되기 때문이다. 따라서 各代案의 驛間 通行分布를 보면 <圖 4>~<圖 9>에서 보는 바와 같이 第III代案이 比較的 通行이 等分布되어 가장 좋고, 單位延長當 通行需要도 第III代案이 20,300 通行 / km로 가장 많이 나타나고 있다.

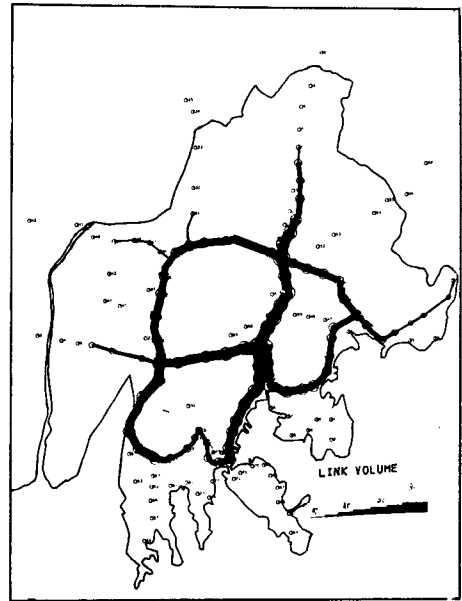
<表 9>

地下鐵 路線代案의 評價

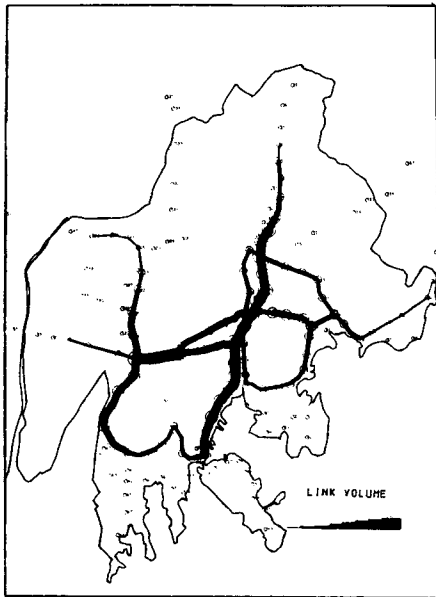
評價基準	單位	代案 I	代案 II	代案 III	代案 IV	代案 V	代案 VI
建設 費	10 億원	1,011.0	1,022.7	801.1	1,115.8	1,001.3	961.8
總 延 長	km	98.7	95.7	86.0	111.8	106.6	99.3
러시아워 通行需要	千 通行	1,741	1,721	1,746	1,689	1,773	1,749
利用者 剩餘	千分 - 人	131,258	131,159	133,196	128,765	136,440	133,154
에너지 節約	千리터/日	2,346.5	2,296.1	2,355.2	2,227.8	2,417.8	2,356.5
影響圈 人口	千人	3,438	3,292	2,916	3,537	3,525	3,417
影響圈 雇傭者	千人	1,362	1,327	1,202	1,431	1,313	1,310
車輛 減少 臺數	P·C·U	123,220	118,949	128,326	118,309	129,820	124,059
러시아워 通行者當建設費	원 / 通行	580,529	582,644	458,843	660,639	564,868	549,289
km當러시아워 通行需要	通行 / km	17,644	17,982	20,300	15,107	16,629	17,615
內部 收益 率 (IRR)	%	15.21	15.66	17.1	14.58	15.48	15.21



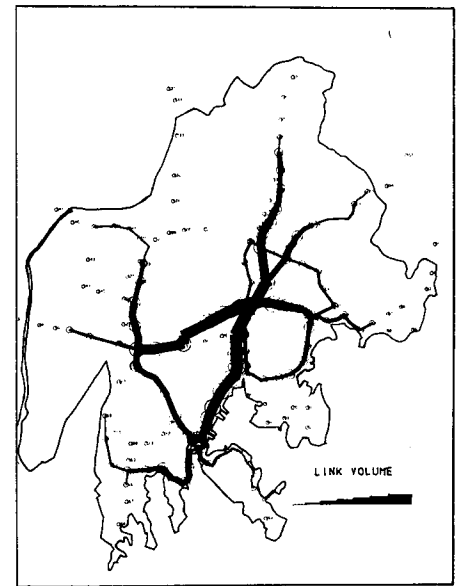
〈圖 4〉 地下鐵 路線代案 I 의 負荷交通量 (2001年 러시아워)



〈圖 6〉 地下鐵 路線代案 III 의 負荷交通量 (2001年 러시아워)



〈圖 5〉 地下鐵 路線代案 II 의 負荷交通量 (2001年 러시아워)

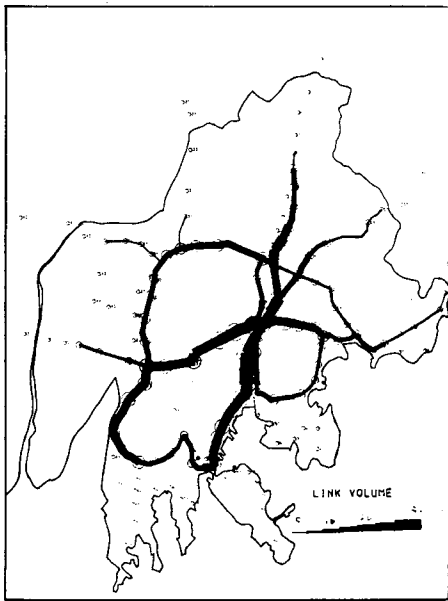


〈圖 7〉 地下鐵 路線代案 IV 의 負荷交通量 (2001年 러시아워)

한편 驛勢圈 人口나 雇傭者數는 第Ⅵ代案이 가장 많고 第Ⅲ代案이 가장 적으며 利用者 剩餘, 油類節約, 車輛減少台數는 第Ⅴ代案이 가장 좋고 第Ⅳ代案이 가장 나쁘게 나타났다.

그러나 建設費나 路線延長은 代案Ⅲ이 가장 적고 代案Ⅳ가 가장 많아, 通行人當 建設費나 社會的 便益 費用을 綜合的으로 나타내는 內部收益率(IRR)에서는 代案Ⅲ이 가장 좋고 代案Ⅳ가 가장 나쁘며 既存 釜山市 計劃案인 代案Ⅰ은 6 個代案中 4 位를 차지하고 있다.

以上の 代案評價 結果, 代案Ⅲ이 釜山市에 가장 適合한 地下鐵 路線案으로 判明되었으며, 釜山市 既存 地下鐵計劃은 內部收益率等 모든 評價基準에서 다른 代案보다 우월하지 못하여 調整이 불가피한 것으로 판단된다.



〈圖 8〉 地下鐵 路線代案Ⅴ의 負荷交通量 (2001年 러시아워)

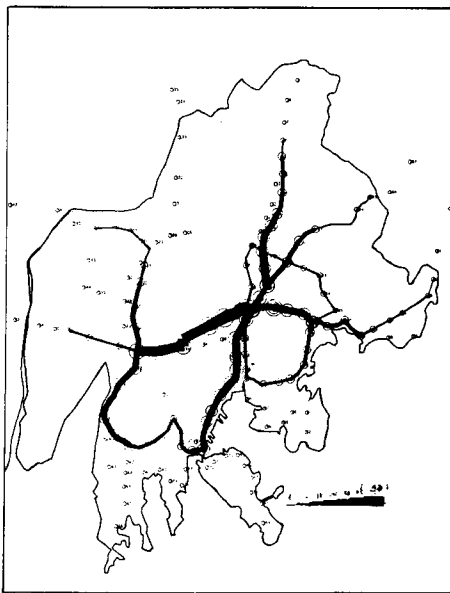
#### IV. 結 論

釜山市 地下鐵 路線代案을 設定하여 評價해 본 結果 既存 釜山市 地下鐵 路線案의 盤松線 (水營~盤松)과 松亭線(田浦洞~松亭)을 削除하는 대신 金海 田園都市와 海運台를 連結하는 東西線을 新設하는 路線代案Ⅲ이 가장 適切한 計劃案인것으로 判明되었다.

그러나 本 評價結果는 단지 體系分析等에 의 해 設定된 6 個 路線代案을 對象으로 한 經濟的 效率性和 交通需要側面에 重點을 둔 評價로 서 몇가지 問題點이 있는 바 向後 研究座標設定을 위해 이를 要約하여보면 다음과 같다.

##### (1) 評價代案의 限界

最適인 交通計劃案을 算出하기 위해서는 모든 代案을 網羅하여 比較評價되어야 한다. 그러나 代案의 數는 「링크」(link)數가 늘어갈 수록 幾何級數的으로 늘어나므로 實際的으로



〈圖 9〉 地下鐵 路線代案Ⅵ의 負荷交通量 (2001年 러시아워)

모든 代案을 포괄하여 評價하기는 不可能하다.

本 研究에서는 代案設定의 客觀化에 대한 努力의 하나로 可能路線計劃(Maximum Subway Network Plan)을 設定하고 이에 대한 體系分析에 의해 6個의 代案을 設定하였으나 이들 보다 더 좋은 代案이 없다는 保障이 없으며, 路線全體로는 不適當하여도 個別路線으로는 좋은 案이 있을 수 있다. 따라서 이와 같은 問題를 극복하기 위해서는 향후「Implicit Enumeration」 方法이나 定數計劃法等의 交通「네트워크」 適正化 技法에 對한 實證的 研究가 필요하다.

### (2) 評價變數의 限界

완벽한 評價(Ideal Evaluation)가 되기 위해서는 計劃代案이 各 階層에 미치는 모든 結果(Spectrum of Consequence)가 把握되고 그러한 結果가 하나의 總合指標로서 計測되어 比較가 可能하여야 한다. 그러나 交通投資事業의 波及效果는 廣範圍하고 集團間에 利害得失이 相反(Trade Off)되는 경우가 적지 않으며 長期間에 걸쳐 累積의(Chain of Effect)으로 發生하거나 他要素와 相乘作用(Multiplying Effect)하여 나타나는 경우가 많아 이를 모두 파악하기란 거의 不可能하다. 또한 비록 모두 把握된다하더라도 그중에는 計量化가 전혀 不可能한 效果(Intangible Effect)와 計量化는 可能하나 貨幣價値化할 수 없는 效果(Incomensurate Effect)가 많아 評價의 限界가 있다.

本 研究에서는 評價項目을 주로 利用者側面에서의 經濟的 側面과 交通需要를 중심이로한 計量化 可能變數에 限定하므로써 評價結果는 最適值라기보다는 部分適正化(Sub-optimal Solution)에 불과하다. 따라서 이와같은 問題를 해소하기 위해서는 非利用者나 都市全體로서의 地下鐵의 波及效果와 計量化가 不可

能한 變數에 대한 評價가 並行되어야 하고 특히 地下鐵은 都市의 骨格으로서 地域開發效果가 현저하고 騒音 大氣汚染의 減少效果도 看過할 수 없는 要素이므로 이들에 對한 評價技法이 앞으로 開發되어야 한다.

### (3) 評價基準의 計量化 問題

計量化가 可能한 變數라 하더라도 이를 實際 正確하게 計測하는데에는 여러 技術的인 어려움이 있다.

첫째는 諸 評價基準을 共通의 總合指標로 나타내야 하는데 대한 어려움이다. 經濟性 分析에서는 諸般 便益과 費用을 貨幣價値로 나타내고 있으나 貨幣價値化될 수 있는 變數가 크게 制限되어 있을 뿐 아니라 貨幣價値化 過程에서도 潛在價値(Shadow Price) 機會費用(Opportunity Cost) 利用者의 效用變化程度(Degree of Utility Variation) 등의 把握이 쉽지 않고 二重計算(Double Count) 되거나 遺漏시키는 경우가 적지 않다. 또한 評點尺度法(Rating Score Evaluation)은 各 變數에 加重値를 주어 評價하고 있으나 現代와 같은 意見合致點(Consensus)을 찾기 힘든 價値不調和時代에 누구의 立場에서 加重値를 주고 價値變位時代에 언제의 價値로 評價하여야 하느냐 하는 問題가 있다.

本 研究도 몇개의 評價指標가 計量化 되었으나 이를 綜合指標로 나타내지는 못하였고, 內部收益率(IRR)이 이에 해당한다 할 수 있으나 이의 算定에는 많은 無理가 있었다. 즉 費用에서는 運營費가 考慮되지 못하였고 建設費도 税金을 空除시키고 外換費用이나 利子豫備費 등의 調整을 통해 國民經濟的 費用으로 換算시켜야하나 이를 考慮하지 못하였다. 또한 便益은 地域開發效果 등이 포함되지 않아 便益項目이 充分하지 못할 뿐 아니라 計量化過程에서도 時間價値費用의 算出等 더 많은 努力이

必要하다.

둘째는 未來 環境의 可變性和 推定이 概略化에 의한 推定結果의 不確實性(Uncertainty)과 危險度(Risk) 問題이다.

交通施設의 波及效果는 長期間에 걸쳐 發生하므로 交通評價는 現在는 물론 長期的인 豫測을 근거로 한다. 그러나 未來의 環境은 많은 可變性을 가지고 있으며, 人間行態는 非確率的인 경우가 많아 豫測結果가 맞으리라는 保障이 없으며, 計劃段階의 概略的 推定結果는 어느정도의 오차를 內包하고 있다. 즉 本研究에서 推定한 交通需要는 豫測대로 發生하지 않을 수도 있으며 工事費는 당초보다 높아질 수도 있으며, 都市開發政策變化로 人口 및 雇傭分布가 急變할 수도 있다. 따라서, 本 評價結果는 主要變數에 대한 感度分析(Sensitivity Analysis)이나 危險度分析(Risk Analysis)을 통하여 不確實한 變動에 對한 影響이 검토되어야 하며, 本 計劃案은 未來의 可變性을 勘案하여 代案의 未來(Alternative Futures)을 想定하고 어떤 狀況下에서도 最強인 代案(Robust Plan)을 찾는 適應計劃接近法(Adaptive Planning Approach)으로 補完되어야 할 것이다.

#### (4) 評價方法의 兩面性

評價方法은 學問的으로는 모든 結果를 포괄하여 合理的으로 評價하여야 하는 綜合性있는 反面 實用的으로는 政策立案者나 一般이 쉽게 理解하고 容易하게 活用할 수 있는 單純性이 要求된다. 이와 같은 評價方法의 兩面性은 相互 相殺關係(Trade Off)가 成立하여 評價方法 開發을 더욱 어렵게 한다.

學問的으로나 理論的으로 아무리 훌륭한 評價方法이 開發되었다해도 이것이 難解하고 資料의 不足과 經濟的制約으로 利用하기가 어려운 것이라면 實用的인 側面에서는 空念佛이고 一般化가 不可한 特殊한 것이거나 우리 實情에 맞지 않는 것이라면 그러한 努力은 實際的인 도움이 되지 못할 것이다.

本 研究는 複雜하고 理論的인 交通代案 評價方法을 釜山市 地下鐵에 適用하여 實用化可能性을 提示하여 보았으나, 理論과 實用性 사이에서 右往左往한 感이 없지 않다. 따라서 交通代案의 設定과 評價에 對한 理論的인 研究는 물론 實用的이고 우리 實情에 맞는 評價方法의 研究開發이 좀더 持續發展되어야 하겠다.

### 參 考 文 獻

1. 韓國科學技術研究所 附設 地域開發研究所, 釜山市 交通需要 分析에 關한 研究 1979
2. 韓國科學技術研究所 附設 地域開發研究所, 釜山市 綜合交通計劃 1980
3. 韓國科學技術研究所 附設 地域開發研究所, 釜山市 地下鐵 1 號線 經濟性調查研究 1980
4. Marvin L. Manheim, Fundamentals of Transportation System Analysis Vol.1, MIT Press, 1979
5. Hans A Alder, Economic Appraisal of Transport Projects, Indiana University Press, 1971
6. Lichfield N. Cost-benefit Analysis in City Planning, Journal of the American Institute of Planners Nov: 1960
7. Marget Reberts, Town Planning Techniques, Hutchinson & Co. 1980.
8. Hill. A. A Method for the Evaluation Transportation Plans, Highway Research Record No. 180 H.R.B. 1967.
9. Schimpeter C.C and W.L. Grecco System Evaluation, HRR No238 HRB 1968.
10. Falk E.L. Measurement of Community Values: The Spokane Experiments, HRR No 229, HRB 1968.