

# 都市交通計劃 모델과 大氣汚染 擴散모델을 이용한 都市地域 大氣汚染 豫測

Air Pollution Forecasting Using Urban Transportation Planning Models and  
Air Pollution Dispersion Models

董宗仁\*    趙康來\*    金良均\*    俞浣\*\*

Jong-In Dong, Kang-Rae Cho, Yang-Gyun Kim, Wann Yu

### Abstract

Motor vehicle related air pollution has become more serious because of rapid increase of number of cars, specially in the urban area.

The increase trend seems to be accelerated, however, the fact is that road conditions, parking facilities and traffic control systems are far behind coping with this situation.

In spite of the lack of related basic data, urban transportation planning (UTP) and air pollution dispersion models were applied to predict air pollution level. In standard UTP model, trip generation, distribution, modal split and network assignment were estimated by experimental equations and appropriate models.

The air pollution level in the central business area was believed to be higher and it will increase continuously due to the increase of traffic demand.

To meet this situation, air pollution problem should be considered as a part of integrated planings of urban plans or transportation plans as well as more stringent motor vehicle emission standards, have to be enforced..

### 1. 緒 論

自動車排出가스에 의한 大氣汚染 低減對策으로 自動車機關 등의 改良에 의하여 自動車로부터 根源的으로 汚染物質을 적게 排出시키도록 하는 方法과 使用過程中에 自動車の 點檢整備를 철저히 하고 運轉 및 運行條件을 改善함으로써

汚染物質 排出을 低減시키는 方法 등이 있다.

특히 自動車の 運行條件改善에 의한 排出가스 低減對策은 대체적인 方法으로서 電子感應式 信號體系에 의한 自動車の 圓滑한 소통관리, 自動車の 都心進入抑制 및 貨物터미널運營 등 合理的인 交通體系改善에 의한 것이다. 과거 우리나라의 交通體系改善을 위한 조사연구<sup>1),2)</sup> 는 자동차

\* 國立環境研究所 大氣研究部 : Department of Air Pollution Research, National Environmental Protection Institute

\*\* 延世大學校 工科大學 建築工學科 : Dept. of Archi. Eng., College of Eng., Yonsei University

의 圓滑한 小동측면에서만 다루어졌고 公害측면에서는 소홀히 취급되었다고 볼 수 있다. 그러나 先進外國에서는 都市計劃時 初期段階에서부터 自動車 運行에 의한 大氣質의 影響을 면밀히 分析 檢討하여<sup>3)~7)</sup> 大氣環境에 影響을 줄 수 있는 因子를 都市計劃에 다시 피이드백시켜 計劃段階에서 이를 補完實施함으로써 費用이나 便益面에서 플러스要因이 될 수 있도록 하고 있다.<sup>8),9)</sup> 현재 이 분야의 국내연구는 活潑하지 않아 基礎資料의 確保가 圓滑하지 않으나 既存資料를 최대한 이용하여 標準都市交通計劃 모델과 大氣污染擴散모델을 適用하여 大氣污染豫測을 實施하여 보았다.

## 2. 材料 및 方法

### 가. 交通需要豫測 및 프로그램構成

本 研究에서 使用된 交通需要豫測모델은 標準都市交通計劃(standard urban transportation planning) 모델로 通行의 發生 및 流入(trip generation), 地域配分(trip distribution), 手段選擇(modal split) 및 路線配分(network assignment)의 四段階 過程으로 構成되어 있다.

#### (1) 通行發生(trip generation)

交通需要豫測過程中 通行發生을 推計하는 段階에서는 計劃對象區域의 土地利用現況, 通行人的 社會經濟的 特性과 都市活動, 기타 交通體系 特性 등의 通行誘發要因을 基礎로 하여 각 존에서의 流出 또는 流入되는 通行量을 豫測하게 된다. 通行은 또한 사람通行과 貨物通行으로 나눌 수 있다.

通行發生에 影響을 주는 因子는 都市活動의 量과 特性으로 區分된다. 都市活動의 量의 면에서는 交通量과 直接的인 相關關係가 있는데 다른 條件이 같을 경우 人口, 家口, 雇傭者數 및 商店數 등에 비례해서 通行量이 증가한다. 特性的인 면에서는 家口所得, 車輛保有 등의 社會經濟的인 變數들에 의해 通行量이 變化한다. 기타 通行發生에 影響을 주는 要素로는 交通體系의 서비스 水準을 들 수 있는데 道路나 諸般交通便宜施設 등이 이에 包含된다.

이상과 같은 要因들을 바탕으로 장래의 通行發生量을 推定하는데 그 方法으로는 重回歸分析(multiple regression analysis) 方法과 橫斷分類分析(cross classification analysis)이 사용되는데 前者는 通行流入과 流出에 影響을 주는 因子들을 獨立變數로, 通行頻度を 從屬變數로 使用하여 구한 重回歸方程式으로부터 計劃目標年度의 通行發生量을 算出한다. 重回歸分析에 使用되는 因子들의 關係를 식으로 나타내면

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

여기서, Y : 1人當 通行流出(流入)量

$x_1 \sim x_n$  : 通行流出(流入)에 影響을 미치는 各別 人口, 土地利用 및 社會經濟的 特性

$b_1 \sim b_n$  : 各 獨立變數에 關聯된 常數

a : 獨立變數와 무관한 Y값

通行發生模型을 위한 資料는 1977年 韓國科學技術院에서 調査한 것을 사용하였다.<sup>1)</sup> 社會經濟的 變數들 가운데 미래예측이 比較的 容易하고 正確도가 높은 人口, 學生數, 雇傭人口 등 세 가지를 選擇하고 존의 면적, CBD(central business district)로부터의 거리를 추가하여 5개의 變數를 獨立變數로 하여 通行發生, 流入量을 多重回歸式으로 다음과 같이 表示하였다.

$$P_i = 2.08254 W_i + 1.071424 S_i + 0.415234$$

$$P_{OPi} - 2827.788 D_i + 38304 N_i$$

$$A_i = 1.926166 W_i + 0.932474 S_i + 0.2511638$$

$$P_{OPi} - 1792.864 D_i + 46443 N_i$$

여기서,  $P_i$  : i 존의 通行發生量

$A_i$  : i 존의 通行流入量

$W_i$  : i 존의 雇傭人口

$S_i$  : i 존의 學生數

$P_{OPi}$  : i 존의 人口

$D_i$  : i 존의 CBD로부터의 거리

$N_i$  : i 존에 統合된 細部존(111개) 갯수

14개의 放射狀道路와 市界와의 境界에 위치한 14개 Cordon Station에서의 流出, 流入量의 增減率이 市内全體 通行量의 增減率과 같다고 假定하여 流入, 流出量을 市内 總通行量의 一定比

率로 計算하였다.

### (2) 地域配分 (trip distribution)

通行發生段階에서 계산된 각 존의 通行量이 다른 존으로 어떻게 分配되며 特定존에 流入되는 通行량이 어느 존으로부터 얼마만큼 流入되는 것인지를 豫測하는 過程이 地域配分段階이다.

通行이 각 존에 어떻게 配分될 것인가 하는 것은 각 존의 유인력 (attractiveness) 과 接近度 (accessibility) 를 比較하여 決定하게 된다. 이 配分方法에는 프라타르 方法 (fratar method), 干涉機會模型 (intervening opportunity model), 重力模型 (gravity model) 등이 있다. 이 중 가장 많이 쓰이고 있는 것이 重力模型이다. 重力模型에서는 두 존간의 通行량이 두 존의 活動의 크기에 比例하고 두 존간의 거리에 反比例 한다고 假定한다.

이것을 式으로 나타내면 다음과 같다.

$$T_{ij} = \frac{P_i A_j F_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_j F_{ij}}$$

$T_{ij}$  : i 존에서 發生하여 j 존으로 流入되는 通行數

$P_i$  : i 존의 通行 發生量

$A_j$  : j 존의 通行 流入量

$F_{ij}$  : i 와 j 존사이의 距離, 通行時間 等に 根據한 交通 低抗因子

i : 出發 존

j : 到着 존

n : 존의 個數

여기서의  $F_{ij}$  는 존간의 最短經路길이의 제곱의 逆數 ( $F_{ij} = 1/d_{ij}^2$ ,  $d_{ij}$  는 존 i 와 존 j 사이의 最短徑路길이)로 算定하였다. 이 式을 使用하여 1 회에 모든 通行량을 配分하면, 出發 존 i 에서 出發하여 到着 존 j 에 오는 通行量  $T_{ij}$  의 모든 出發존을 합하여 구한 존 j 의 流入量,  $\sum_{i=1}^n T_{ij}$  와 존 j 의 通行流入量  $A_j$  가 달라지게 된다 ( $A_j \approx \sum_{i=1}^n T_{ij}$ ). 다시 말하여, 각 존으로부터 配分된 流入량의 합이 通行發生에서 推定한 流入量 ( $A_j$ ) 와 같지 않게 된다. 이를 校正하기 위해 모든 존의 通行發生량을 100 회 분

割하여 100 번 反復하여 配分하였다.

每回の 配分이 끝날 때마다 각  $A_j$  를 調節해 줌으로써 配分에 의해 流入된 通行의 합이 通行發生에서 구한 流入量에 近似한 값을 가지도록 하였다. 여기에서 特記할 것은 존 내의 링크의 길이 (intrazonal distance)로 존 面積의 제곱근의 1/2 을 使用하였으며 ( $D_{ii} = 0.5 \times \sqrt{AR_i}$ , 단  $D_{ii}$  = i 존내 링크의 길이,  $AR_i$  = i 존의 面積) 각 Cordon Station에서의 流出量은 모두 内部 존에만 配分하고 여타의 Cordon Station으로는 配分하지 않았다. 즉, Cordon Station으로부터 Cordon Station 으로의 通過交通量은 없는 것으로 간주하였다.

### (3) 通行手段選擇 (modal split)

이 段階에서는 각 交通手段 (버스, 지하철, 자가용 등)의 通行人的 選擇을 豫測하는데 이 選擇에 影響을 미치는 要素는 다음 세가지 特性으로 나눌 수 있다.

- 通行人的 特性 (所得水準 및 教育水準, 自家用所有有無, 住居水準 등)
- 通行의 特性, 通行目的 (出勤, 쇼핑, 娛樂, 登校 등), 出發地 (home, non-home)
- 交通體系의 特性 (通行手段別 所要時間, 交通費, 서비스水準 등)

이러한 通行習성에 의한 交通手段 選擇模型에는 Logit 模型, Probit 模型, Discriminant 模型 등이 있다. 이 가운데 Logit 模型이 가장 널리 쓰이며 그 基本的인 構造는 다음과 같다.

$$P(i) = \frac{\exp(\text{手段 } i \text{의 效用})}{\sum_{k=1}^n \exp(\text{手段 } k \text{의 效用})}$$

$P(i)$  : 手段 i 를 選擇할 確率

n : 利用 가능한 通行手段의 數

本 研究의 手段選擇比率은 參考文獻<sup>10)</sup>에서 調査된 12 개 區間의 起終點 (O-D)別 手段選擇比率을 使用하였다.

### (4) 路線配分 (network assignment)

이 段階에서는 한 존에서 다른 존으로 通行이 이루어질 때 그 通行이 어떤 通路에 分擔될 것인가를 豫測한다. 그 豫測結果는 어떤 道路를 通過하는 自動車의 臺數나 大衆交通手段(地下鐵, 버

스 등)의 利用乘客數 등이다. 이 豫測을 위해서는 우선 都市内の 실제 街路網을 主要幹線道路를 中心으로 簡略한 形態로 表示한 뒤 各道路가 만나는 교차점 (node)에 番號를 附與하여 node와 node 사이의 링크를 그 兩端의 node로 表記하여 나타내고 각 링크에 대한 情報 (길이, 速度, 車線數, 通過地域의 土地利用 特性)를 準備한다.

路線配分을 決定하는 데는 最小距離法 (minimum path), 道路의 容量制限下의 最小距離法 (minimum path with capacity restraint), 多重루트 確率配分法 (multiroute probabilistic assignment) 등이 있다.

本 研究에서는 一定道路區間에 우선 通行量의 制限水準을 賦課한 후 車輛의 速度, 通行量 및 道路容量이 均衡을 이루도록 補正하는 容量制限 最短經路法을 使用하였다.

각 존의 Centroid 간의 通行量을 20 회 分割하여 (5%씩) 配分하였다. 通行量에 따른 道路에서의 通行速度는 參考文獻<sup>11)</sup>의 資料를 토대로 다음과 같이 算定하였다.

$$U = 97.027 - 0.02564V$$

U : 車線當 時間當 通行量 (乘用車 換算臺數)

V : 車輛의 速度 (km/h)

[都心 一般道路 (2車線 以上)의 경우]

道路의 容量은 車線當 最大 2,400 臺/時 以內로 하였으며 이를 넘었을 경우에는 通過所要 時間에 매우 큰값을 주어 다음번 反復에서는 通行量이 配分되지 않도록 하였다.

각 Centroid 간의 通行量은 年平均 1日 通行量이므로 道路에 配分되는 通行量도 年平均 1日 通行量이다.

本 研究에서는 國土開發研究院 道路容量 便覽 作成을 위한 基礎研究의 調査結果를 토대로 時間當 1日 通行量의 6%가 道路를 通行하는 것으로 간주하여 容量을 制限하였다.<sup>11)</sup> 道路의 車線 中 바깥쪽의 車線은 停留場 등으로 인하여 通行에 지장을 주므로 1/2車線으로 간주하였다. 버스 1臺가 道路에서 차지하는 容量 (passenger car unit : PCU)은 택시 1.5臺에 해당하는 것으로 하였으며 택시의 平均 乘車人員은 2.5人, 버스의 平均 乘車人員은 50人으로 하였다.

### (5) 프로그램의 構成

本 研究에서 使用된 交通需要豫測 프로그램은 한개의 主프로그램 (main program)과 두개의 서브프로그램 및 入力資料用 프로그램 등으로 이

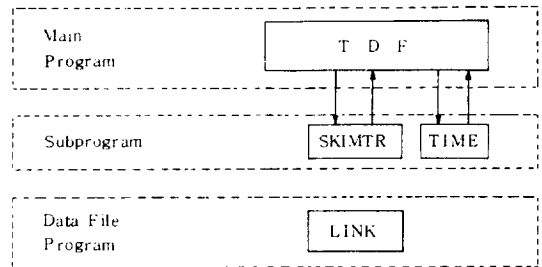


Fig.1 Travel demand estimation program

루어져 있다. 그 구조를 간단하게 살펴보면 그림 1과 같고 主프로그램의 機能은 다음과 같다.

(가) TDF (travel demand forecasting) ... 通行發生, 配分 및 路線選擇 등을 계산하여 각 링크의 車輛通行量을 豫測함.

(나) SKIMTR ... 각 Centroid 간의 最短經路를 찾아내고 그 거리를 계산함.

(다) TIME ... 링크에 交通이 賦課되었을 때 그 조건하에서 링크를 통과하는데 소요되는 時間을 계산함.

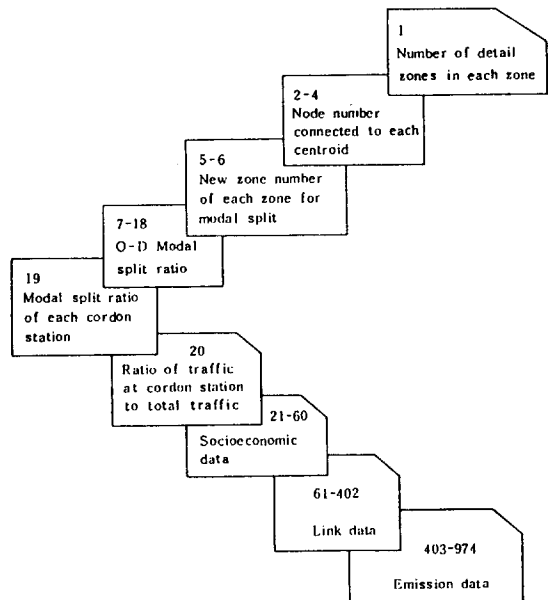


Fig.2 Structure of UTP input data (The numbers in the box indicate card number)

(㉒) LINK ... 링크의 양단 노드번호, 길이, 차선수를 읽고 이를 出發노드번호의 크기순으로 정리하고 새로운 노드가 나타나는 順序(變數名: LOC)와 反對方向링크의 번호(變數名: LOQ)를 계산함.

이 프로그램에 사용된 入力資料의 構造는 그림 2와 같다.

한편 本 研究에서 採擇한 大氣汚染擴散모델은 空氣中 化學的 反應을 고려하지 않은 CDMQC 모델이며 擴散모델, 排出源資料 및 交通量資料 등의 相互關係를 圖表로 보면 그림 3과 같다.

#### 나. 各種 入力資料

通行行爲分析을 위한 基礎地圖는 그림 4와 같이 江北地域을 24개, 江南地域을 16개 등 總 40개 존으로 나누었고 大氣汚染 擴散모델링을 위하여 그릿드를 1 km × 1 km로 區分하였다. 촌별 洞 現況을 調査하여 世帶數, 人口數 등을 把握하였다.

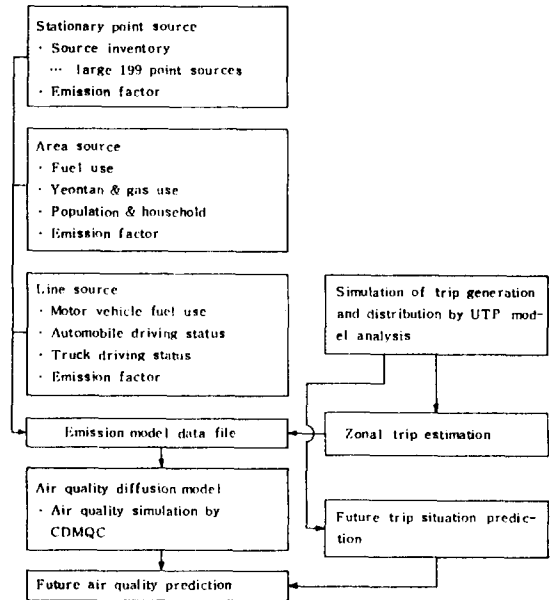


Fig.3 Air quality estimation by transport & air quality diffusion model

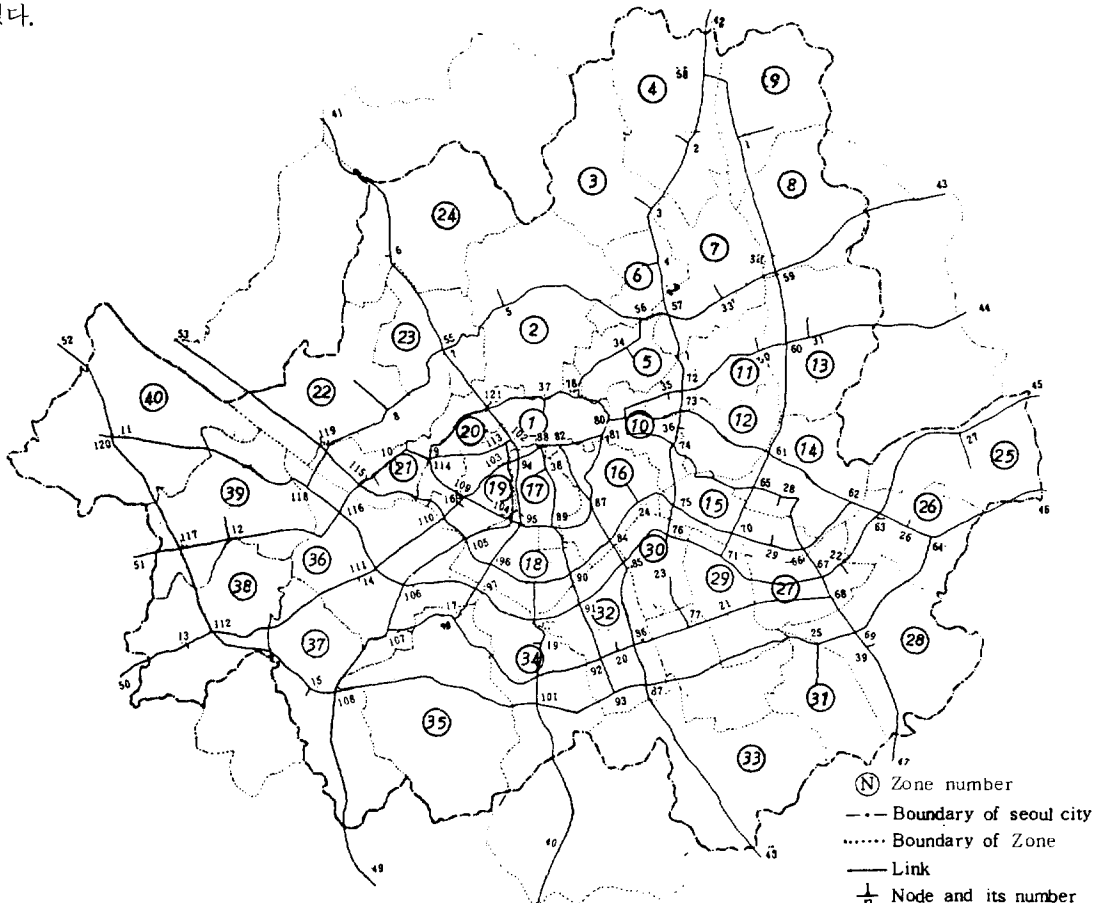


Fig.4 Base map of transport and air pollution simulation of Seoul

氣象資料로는 1981年 1年間 觀測된 氣象資料 處理結果를 使用하였으며 混合高는 1982年 오산觀測所에서 測定分析한 資料를 使用하였다.<sup>15)</sup>

排出源資料중 固定排出源資料는 1981年 環境廳에서 實施한 大氣汚染物質 排出施設 調査資料를 利用하였다. 199個 大型業所를 選定, 點汚染源으로 取扱하고 나머지 業所와 移動汚染源 및 家庭排出源은 面汚染源으로 處理하였다.

排出係數資料중 點汚染源은 美國 環境廳의 大氣汚染物質 排出係數를 適用하였고<sup>16)</sup> 家庭用 煤炭과 自動車에 對한 排出係數는 漢江流域 調査團의 資料를 活用하였다.<sup>17), 18)</sup>

燃料種類別 使用量을 調査하고 서울시에서 1980年에 調査한 區別 燃料種類別 世帶數 資料를 根據로 각 존에서의 燃料使用量係數를 定하였다.<sup>19), 20)</sup>

交通需要豫測모델에서 乘用車 및 大衆交通의 通行量이 決定되고 貨物트럭에 의한 排出量은 燃料使用量으로부터 總排出量을 구하고 존내 道路 길이의 합으로 分配하였다.

### 3. 結果 및 考察

#### 가. 交通通行 需要豫測

交通通行 需要豫測을 통하여 地域別 通行發生 및 手段別 通行分配 등을 시뮬레이션하고, 각 존의 自動車 通行密度를 보기 위하여 單位面積 ( $km^2$ ) 당 走行臺· $km$ 를 計算, 圖表化하였다. 1981年 乘用車의 경우 그림 5와 같고 大衆交通手段인 경우 그림 6과 같다. 이 그림에서 보면 乘用車의 경우 CBD地域인 존 1(鍾路區, 中區一部)의 密度가 38,248.7 臺· $km / km^2$ 로 두번째로 큰 존 37의 3,798.7 臺· $km / km^2$ 보다 약 10 배정도 커서 單位面積當 集中度가 매우 높음을 알 수 있다. 走行距離面에서 CBD地域이 723,116 臺· $km$ 로 전체 (7,785,982 臺· $km$ )의 약 9.3%를 차지하여 좁은 面積(全體의 1.4%)에 매우 많은 車輛이 運行되고 있음을 알 수 있다. 따라서 이 地域에서는 自動車의 疏通이 問題視될 뿐만 아니라 走行速度의 低下, 잦은 加減速, 아이들링時間의 增大 등으로 自動車에 의한 大氣汚染程度가 심할 것으로 쉽게 짐작할 수 있다.

大衆交通手段인 버스運行的 경우 존 1의 通行密度가 1,668.8 臺· $km / km^2$ 로 가장 높지만 두번째 및 세번째로 큰 존과 큰 차이는 보이지 않았고 존 1, 10, 19 및 36 등에 비교적 通行이 많이 分布되어 鍾路區, 中區, 東大門區, 龍山區, 麻浦區 및 永登浦區 등에 廣範圍하게 分布되어 있음을 알 수 있다.

Table 1. Trend of total VKT(vehicle kilometers travelled) per day

Year	Total VKT		VKT of CBD Area	
	Automobile	Transit	Automobile	Transit
1982	7,785,982 (100)	1,387,907 (100)	723,116 (100)	80,567 (100)
1986	9,413,166 (120.9)	1,679,730 (121.0)	793,719 (109.8)	87,664 (108.8)
1991	9,905,479 (127.2)	1,756,996 (126.6)	794,128 (109.6)	87,698 (108.9)

年度別 總走行距離의 推移를 보면 표 1과 같이 乘用車의 경우 1986年에 1982年에 비해 20.9%, 1991年에 27.2%가 각각 增加하였다. 반면 CBD地域의 경우는 1986年에 불과 9.8% 增加하고 以後 큰 變動이 없다. 이는 都心地의 道路容量이 거의 限界에 도달하여 더이상 通行量이 增加할 수 없음을 입증하는 것이다.

#### 나. 大氣汚染度 豫測

以上과 같은 交通需要豫測 및 各種 排出源資料로 基準年度인 1982年과 86年, 91年에 대하여 分期別, 年度別 大氣汚染度를 豫測하였다. 여기서 각 年度別 年平均 汚染濃度值를 나타내면 그림 7과 같다. 이 그림에서 볼 때 自動車를 除外한 다른 汚染源의 汚染物質排出量이 不變이라고 가정하더라도 순전히 自動車 運行量增大에 의하여 年次的으로 汚染度가 增加되는 추세를 알 수 있다. 한편 CBD地域内の 9 지점을 選定하여 汚染度를 平均한 것을 정리하여 보면 표 2와 같다.

Table 2. Pollutant conc. in CBD area (CO:ppm, NOx:ppb)

Year	Pollutant	Period				Annual Average
		1~3	4~6	7~9	10~12	
1982	CO	4.18	2.83	2.09	5.12	3.56
	NOx	104.21	86.73	78.43	108.03	94.35
1986	CO	4.23	2.80	2.14	5.15	3.58
	NOx	111.79	91.82	83.65	115.23	101.42
1991	CO	5.03	2.86	2.45	5.76	4.03
	NOx	125.04	100.23	90.95	126.34	110.64

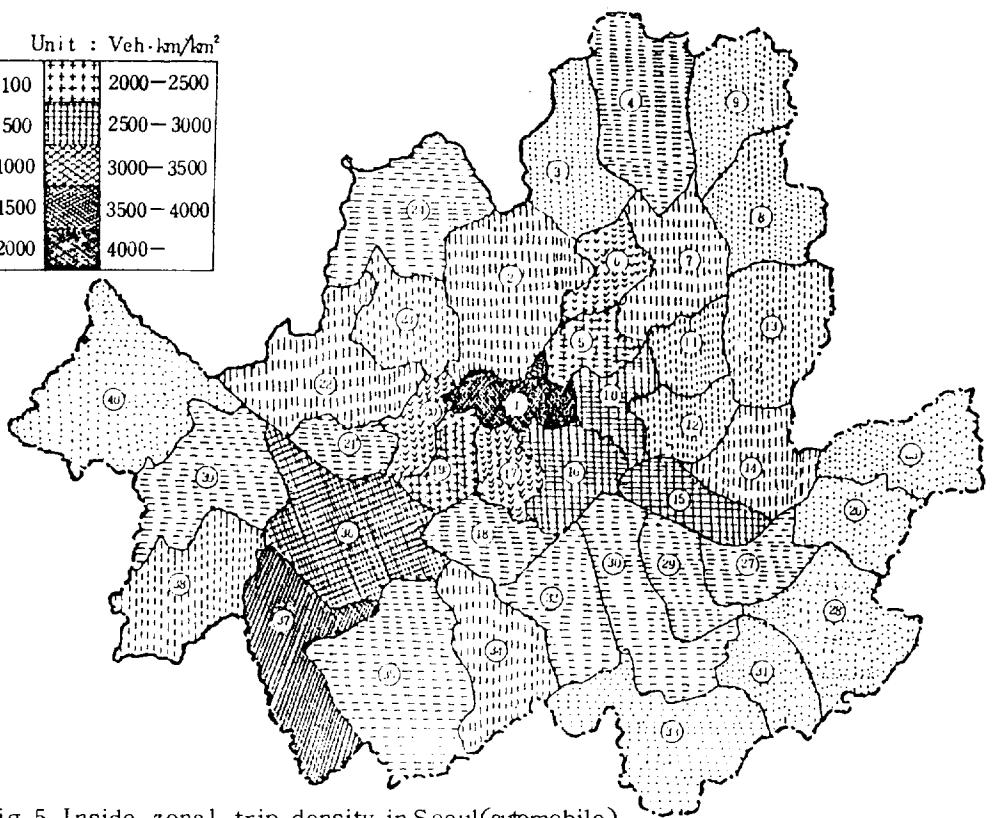
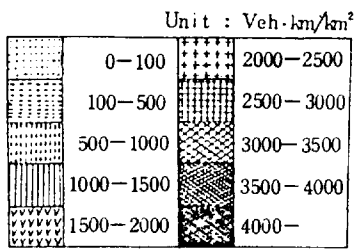


Fig.5 Inside zonal trip density in Seoul(automobile)

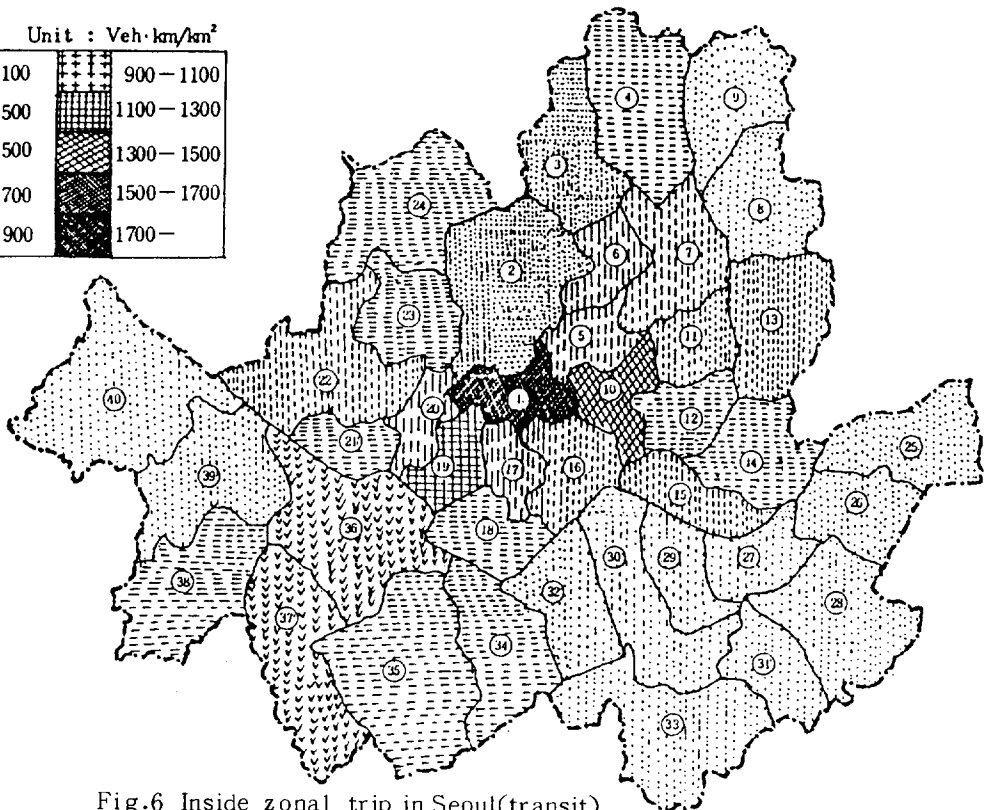
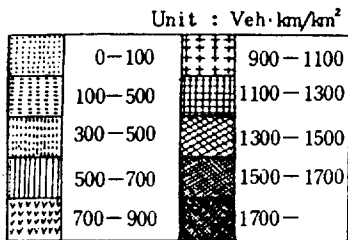


Fig.6 Inside zonal trip in Seoul(transit)

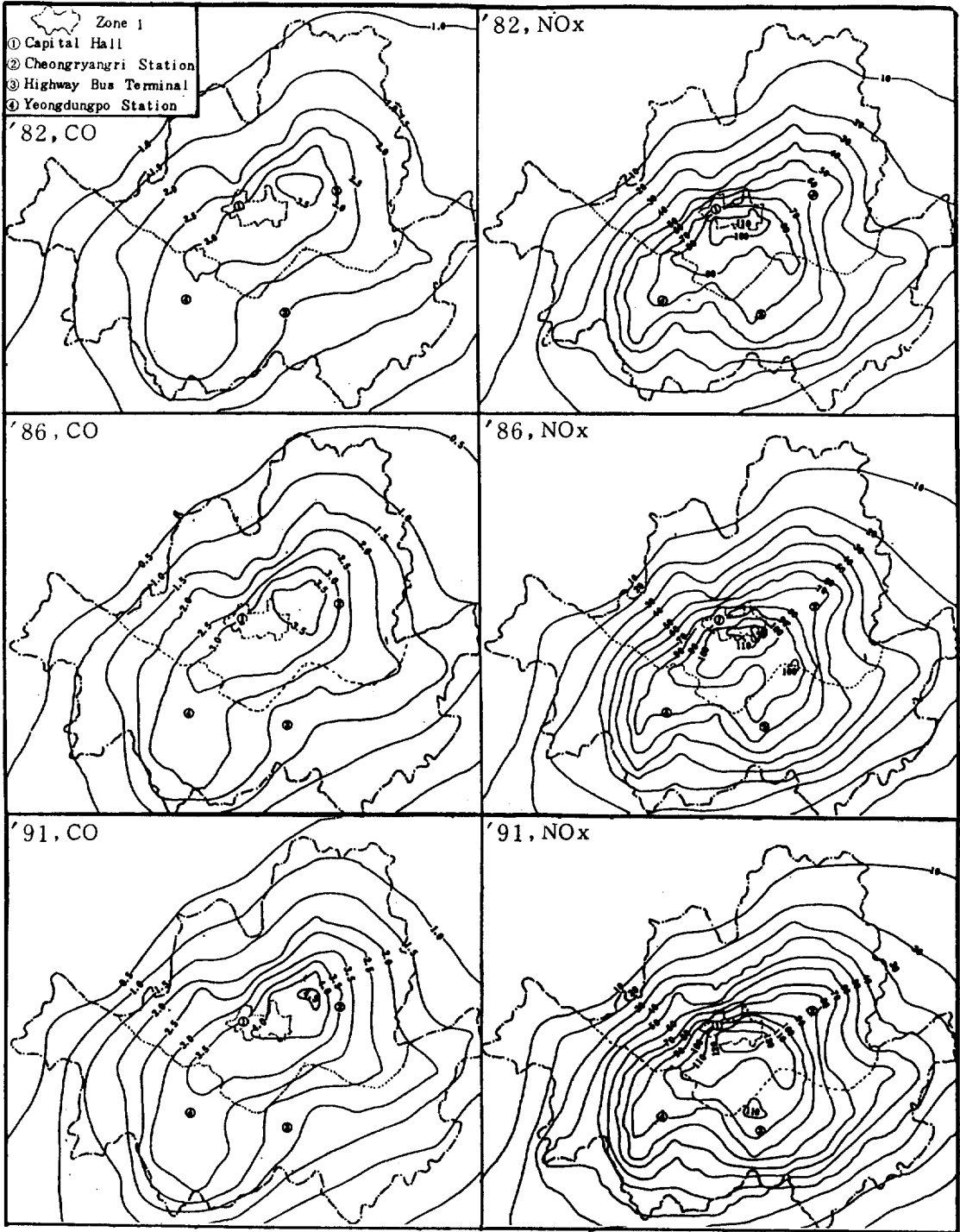


Fig.7 Estimated pollutant concentration profile  
 ( Unit, CO : ppm, NOx : ppb )



른 期間보다 높은데 이는 겨울철 暖房用燃料의 使用量增加로 인한 汚染物質排出量 增加때문이다.

大氣汚染豫測모델의 適用을 위해서 부수적으로 산출되는 固定汚染源 排出量資料와 比較하여 보면 移動汚染源에 의하여 一酸化炭素는 全體排出量の 약 8.2%를 차지하고 질소산화물은 57.7%를 차지하였다.

自動車에 의한 排出가스의 저감을 위해서 자동차엔진자체에서 배출되는 汚染物質量을 줄여야 하는 것은 물론이나 自動車の 都心集中化와 低速化現象으로 特定地域에 大氣汚染物質이 多量 排出되므로 이의 防止를 위해서 運用的인 側面에서 交通信號體系의 最適化 및 合理的인 運營이 요구되고 自動車の 都心으로의 進入이 可能한한 抑制되어질 수 있는 方案이 交通計劃樹立時 반드시 고려되어야 한다. 그러나 交通政策施行 過程에서 한 지역의 通行抑制는 그 外廓地域에서 또다른 大氣汚染現象을 유발할 可能性이 있으므로 신중히 검토되어야 한다. 또한 集中되어 있는 大氣汚染現象을 解決하기 위하여 地域別 均衡있는 都市發展을 誘導하고 外廓高速道路 등을 擴張하여 外廓地域으로 自動車運行을 誘引함으로써 不必要한 運行을 없애는 方案이 강구되어야 한다.

#### 4. 結 論

서울地域을 地域特性에 따라 40개의 존으로 區分하여 各地域의 各種 社會經濟的인 데이터와 道路網 構造, 車線數 등 道路에 관한 資料들을 入力하여 각 지역별 通行發生量, 手段別 路線別 通行量 등을 豫測하고 汚染度資料와 排出係數資料 등을 利用하여 大氣汚染度를 豫測하여 보았다. 그 결과 四大門地域에 해당하는 존1에 1982년 乘用車의 경우 全體走行의 9.3%가 分布되어 面積(全體의 1.4%)에 비해 매우 密集되어 있음을 알 수 있었다. 大氣汚染擴散모델링 결과 都心地域을 中心으로 汚染度의 等濃度曲線을 形成하였으며 年度別로 增加하는 傾向을 나타냈다. 分期別로는 家庭用 暖房燃料使用 등으로 多節期の 汚染度가 매우 높음을 알 수 있었다.

앞에서도 밝힌 바와 같이 都心 및 그 周邊地域

의 汚染度가 比較的 높고 장래 交通需要量의 增加는 이 地域의 가중되는 大氣汚染現象을 豫測할 수 있게 한다. 따라서 自動車 排出가스 許容基準強化와 더불어 運用的인 側面에서 都市計劃이나 交通計劃의 初期段階부터 自動車에 의한 大氣汚染問題가 보다 慎重하게 다루어져야 할 것으로 思料된다.

本 研究에서는 여러가지 基礎資料의 부족으로 완벽한 大氣汚染豫測은 어려웠으나 自動車에 의한 大氣汚染 長期豫測을 위한 研究技法을 試圖함으로써 自動車에 의한 大氣汚染低減 對策研究에 한 方法論을 제시하고자 하였다. 보다 충실한 關聯資料들이 確保되는데로 더욱 正確한 豫測모델링이 시도되어지기를 期待한다.

(原稿接受 '86.5.7)

#### 參 考 文 獻

1. 黃圭馥外(1978), 首都圈 綜合交通計劃樹立을 위한 調查研究, 韓國科學技術研究所, 106~235.
2. 愼富鏞 外(1983), 서울特別市 交通改善方案에 관한 研究, 韓國科學技術院, 429~682.
3. Ryckman, et al.(1971), Air Quality Consideration in Transportation and Urban Planning, Voorhees and Associates Inc., 3-1~3-74.
4. Hawthorne G., et al.(1972), Prediction of the Effects of Transportation Controls on Air Quality in Major Metropolitan Areas TRW Inc., 2-1~2-23.
5. Hawthorne G., et al.(1972), Evaluating Transportation Controls to Reduce Motor Vehicle Emission in Major Metropolitan Areas, Institute of Public Administration 3-1~5-42.
6. Winkler F.(1972), Transportation Control Strategy. Development for New York Metropolitan Area, TRW Transportation and Environmental Operation(Prepared for EPA).
7. Bennet. E., et al.(1975), Air Quality

- Consideration in Transp. Planning: Findings & Recommendations on Transp. Control Planning, Phase II, MIT(Prepared for EPA), 19~34.
8. Ingram G.K., Fauth G.R.(1974), TASSIM, A Transportation and Air Shed Simulation Model, Vol.1-Case Study of the Boston Region, Harvard Univ., 25~77.
  9. Kroch E.(1974), TASSIM: An Application to Los Angeles, Harvard Univ.
  10. 市内버스業體 大單位化 方案研究 (1978), 서울特別市, 35~71.
  11. 道路容量 便覽作成을 위한 研究 (1981), 國土開發研究院, 11~75.
  12. Brubaker K.L., et al.(1977), Addendum to User's Guide for Climatological Dispersion Model, Argonne Nat'l Lab.
  13. 常住人口 調查結果報告(1982), 서울特別市
  14. '82 市政(1982), 서울特別市
  15. 나진군 外(1982), 大氣汚染物質 擴散과 汚染度豫測에 관한 研究, 國立環境研究所報, 第4卷, 61~62.
  16. U.S.EPA(1973), Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP-42, 2nd Ed., 3-1~3.1.7-1.
  17. Air Quality Sector, Han River Basin Environment Master Plan Vol.II(1983), Eng. Sci., Inc., 6-139~10-66.
  18. 崔德一 外(1982), 固體燃料燃焼(暖房用)에 의한 汚染物質排出에 관한 研究, 國立環境研究所報, Vol.4, 11~18.
  19. 石油類 消費實績(1982), 韓國石油開發公社, 1~36.
  20. 交通新報, 1983.12.
  21. '83 交通行政資料, 서울특별시, 58~61.
  22. 서울 都市開發 長期構想 中期計劃(1980), 서울特別市, 59~68.