

## 교통수요모형과 의사결정모형을 이용한 자동차 배출저감정책 평가

이규진\* · 박관휘\*\* · 심상우\*\*\* · 최기주\*\*\*\*

Lee, Kyu Jin\*, Park, Kwan Hwee\*\*, Shim, Sang Woo\*\*\*, Choi, Keechoo\*\*\*\*

### Evaluation of Mobile Emissions Reduction Strategies Using Travel Demand Model and Analytic Hierarchy Process

#### ABSTRACT

This study proposed an evaluation method of mobile emissions reduction strategies for air quality management. The proposed method was considered Travel Demand Model (TDM) and Analytic Hierarchy Process (AHP), while an existing method was focused on quantitative factors. AHP of the evaluation indices of mobile emissions reduction strategies show that quantitative evaluation indices such as air pollutants and greenhouse gas reduction are more important than the political evaluation indices (Consistency with an upper plan, Policy applicability, Technical applicability and feasibility) and each weight of air pollutants and greenhouse gas reduction are found to be 0.373 and 0.218. The early scrapping policy of decrepit diesel vehicle is the best policy in the proposal method using TDM and AHP but this result differs from evaluated result by TDM or AHP respectively. These results are limited to the basic assumption and range of reduction scenarios but are expected to contribute to establish more reasonable and effective mobile emission reduction strategies.

**Key words :** Mobile emissions reduction strategy, Air pollutants, Greenhouse gas, Analytic hierarchy process, Travel demand model

#### 초 록

본 연구는 자동차 배출저감정책에 대한 기존 정량적 요소 중심의 평가 방법과 차별된, 교통수요모형(Travel Demand Model, TDM)과 다기준 의사결정기법(Analytic Hierarchy Process, AHP)의 연계된 평가 체계를 제시하고자 한다. 자동차 배출저감정책의 다기준 평가항목은 대기오염물질 및 온실가스 감축효과, 상위계획과의 일치성, 정책추진 용이성, 기술적용 용이성으로 설정하였고, AHP분석 결과 정량적 평가항목인 대기오염물질과 온실가스의 감축효과에 대한 상대적 중요도가 각 0.373, 0.218로 정책적 평가항목들에 비해 중요도가 높은 것으로 나타났다. 본 연구의 평가 방법론을 적용하여 각 정책들을 평가한 결과, 노후 경유차 조기폐차 정책이 가장 효과적인 정책으로 나타났고, 승용차요일제 정책, 경차보급 활성화 정책 순으로 나타났으며, 이는 기존의 TDM 또는 AHP에 의해 평가된 우선순위와 다소 차이가 있는 것으로 확인되었다. 이러한 연구 결과는 저감정책 시나리오를 구성한 기본적인 가정과 범위에 국한된 결과라는 한계점이 있지만, 자동차 배출저감 효과와 더불어 정책적 요소들을 반영하여 보다 합리적인 자동차 배출저감정책 방향을 설정하고 효과적인 대응을 하는데 기여할 것으로 기대된다.

**검색어 :** 자동차 배출저감정책, 대기오염물질, 온실가스, AHP, 교통수요모형

\* 정회원 · 아주대학교 TOD기반 지속가능 도시교통연구센터 (Ajou University · transjin@ajou.ac.kr)

\*\* 동부엔지니어링(주) 교통연구실 (Dongbu Engineering · kwanhwee@dbeng.co.kr)

\*\*\* 정회원 · 교신저자 · 아주대학교 TOD기반 지속가능 도시교통연구센터 (**Corresponding Author** · Ajou University · artmania@ajou.ac.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 아주대학교 교통시스템공학과 (Ajou University · keechoo@ajou.ac.kr)

Received January 27, 2015/ revised March 31, 2015/ accepted August 24, 2015

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경 및 목적

화석연료 사용의 급격한 증가에 따른 대기오염물질 및 온실가스 배출량 증가는 지구의 대기오염과 기온의 지속적인 상승을 초래하고 있으며, 이는 기상재해, 생태계 파괴 등의 환경 문제 뿐만 아니라 경제사회의 중대한 위협요인으로 이어지고 있다. 이에 교토 의정서 및 Rio 21 등을 채택하여 온실가스 저감 및 지구환경보전을 위한 국제적인 노력이 이루어지고 있고, 기후변화 및 에너지 문제가 급부상하면서 온실가스 배출의 상당 부분을 차지하고 있는 자동차 배출저감정책에 대한 관심도 증대되고 있다. 또한 자동차 배출저감정책은 단순히 유해 대기오염물질 및 온실가스의 관리뿐만 아니라 저탄소 녹색성장의 원동력으로서 그 중요성이 부각되고 있다. 특히, 자동차 등록대수의 급증과 자동차에서 배출되는 대기오염물질이 인구 밀집지역에서 집중적으로 배출되고 있는 우리나라의 특성을 고려하면, 자동차에서 배출되는 오염물질을 저감하기 위한 노력이 각별히 요구된다.

그러나 자동차 배출저감정책의 시행에는 상당한 예산이 소요되는 만큼 합리적인 평가체계에 기반한 정책의사결정이 이루어질 필요가 있다. 현재 국내에서 연구된 자동차 배출저감정책의 평가체계는 단편적이면서 개략적인 수준에 머물러 있기 때문에 합리적인 정책 판단 결과를 기대하기에는 한계가 있다. 특히, 자동차 배출저감정책에 대한 사회적 수용성 및 기술적용 용이성 등을 함께 고려해야 함에도 불구하고 배출저감 측면에서의 효과만을 중시하는 정책 중심으로 평가되고 있기 때문에 정책 실효성에 대한 논란의 여지가 있는 상황이다. 즉, 다양한 평가항목을 종합적으로 고려하여, 실효성 높은 정책 발굴과 추진이 필요하다.

따라서 본 연구는 대기질 관리의 정책방향 설정 및 체계적인 중장기 자동차 배출저감정책 수립에 기여하고자 자동차 배출저감정책에 따른 자동차 통행패턴 변화 등을 고려할 수 있는 교통수요모형과 여러 정책적 판단지표를 함께 고려할 수 있는 다기준 의사결정모형 중 하나인 AHP 모형을 이용한 자동차 배출저감정책의 평가체계를 구성하는 것을 목적으로 한다.

### 1.2 연구 방법 및 범위

이 연구는 다기준 의사결정모형과 교통수요모형을 이용한 저감정책 평가 방법론을 제시하고 있으며, 이 연구의 주요 방법론은 다음과 같다.

- 1) 자동차 배출저감정책 추진 현황들을 검토하여 선정된 주요 23개 저감정책들을 고찰한다.
- 2) 자동차 배출저감정책 평가를 위한 평가항목을 결정하고,

AHP 기법으로 각 항목별 상대적 가중치를 조사한다.

- 3) 23개 저감정책들의 배출저감 효과 및 정책적 효과를 1차적으로 평가 후, 이들을 상호 비교한다.
- 4) 우선순위 높은 주요 7개의 저감정책들을 선정하며, 해당 정책들에 대해 TDM 방법을 적용하여 자동차 배출 저감량을 평가한다.
- 5) TDM과 AHP에 의해 분석된 저감정책들의 저감량과 이들의 정책적 평가결과들을 고려하여 각 정책들을 종합 평가한다.
- 6) AHP 방법, TDM 방법, TDM과 AHP의 동시적용 방법에 의한 저감정책 우선순위 결과를 비교한다.

본 연구에서는 억제 전략, 전환 전략, 개선 전략으로 구분된 23개의 주요 저감 정책들을 대상으로 하며, 공간적 범위는 전국권, 분석 기준년도는 2010년, 목표연도는 2027년으로 설정하였다.

## 2. 기존연구 고찰

### 2.1 의사결정모형 활용 연구

AHP 기법은 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며, 개별 평가기준에 대해 서로 다른 선호도를 가진 대안들을 체계적으로 평가할 수 있도록 지원하는 의사결정 기법의 하나이다. AHP 기법의 가장 큰 특징은 문제를 구성하는 다양한 평가요소들을 주요 요소와 세부 요소들로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대한 쌍대비교를 통해 요소들의 상대적 중요도를 도출하는 데 있다(Korea Development Institute, 2008). 즉, AHP 기법은 정책의 정성적인 특성을 평가에 반영하고, 평가에 참여한 연구진의 전문적 판단을 적절히 유도해 낼 수 있는 방법으로써, 국내외 교통-환경 분야에 AHP를 적용한 문헌들을 살펴보면 다음과 같다.

Dalal et al. (2010)은 AHP 기법을 활용한 사회경제적 요소의 종합 점수를 기반으로 인도의 178개 지방부 도로에 대한 우선순위를 결정하였으며, Khademi and Sheikholeslami (2010)은 이란의 저급도로(Low-class roads) 유지관리 프로그램에 AHP모형을 적용하였으며, 그 결과를 기존의 결과와 비교하여 분석하였다. Lim et al. (2009)은 국내 외 항만 및 물류센터에서의 탄소저감 사업의 주요 내용과 동향에 대해 고찰하고 그에 따른 예비평가항목 및 예비평가지표를 선정하여 설문조사를 진행하였으며 설문결과에 근거하여 구성항목들의 중요도를 분석하였다. 분석결과, 수송수단 이용에 대한 제한 및 전환과 대체연료 사용에 대한 평가지표 중 대체연료 사용의 중요도가 상대적으로 높았고, 시설·장비의 개선, 탄소배출량의 제한 및 감축, 물류체계의 개선, 대기시간 단축 평가지표 중에서는 물류체계 개선의 가중치가 가장 높은 것으로 나타났다. 또한, 저감 시스템 구축, 오염원 배출 저감, 친환경 소재의 이용

평가지표 간에서는 저감 시스템 구축이 가장 중요한 지표인 것으로 나타났다. Lee et al. (2012a)은 녹색도로의 산업분야별로 달성해야 하는 목표 기술에 대해 도로 및 교통관련 전문가 29인으로부터 AHP분석을 수행하였다. 분석 결과, 제 1계층(녹색도로 산업분야)에서는 교통운영 분야, 도로정책 분야, 도로 에너지 및 환경관리 분야 순으로 중요도가 결정되었으며, 제 2계층(달성목표기술)에서는 녹색도로 기술 및 산업 지원 등의 정책 대응, 녹색교통 수단의 시설 설계 및 운영, 친환경 도로계획, 에너지 효율적 도로 운영관리 순으로 중요도가 높은 것으로 나타났다. Jung (2002)은 도로투자우선순위를 결정하는데 있어 도로투자사업 평가 배점의 기준으로 평가하는 방법과 평점 척도 기준의 평가 방법을 비교하였으며, 향후 우선순위에 대한 집단의사결정화 문제에 있어 AHP 설문에 참여한 분야별 집단성향과 객관성을 다각적으로 검토하는 연구가 필요하다고 제안하고 있다. Lee and Leem (2006)은 가치대립이 분명한 도시 내 도로건설사업 평가의 사례분석을 통하여 평가 참여자의 중요도 인식 특성을 분석하였다. 그 결과, 환경 전문가 그룹과 도시교통전문가 그룹 간에는 중요도에 대한 인식의 차이가 큰 것으로 나타났으며, 전문분야별, 전문성 정도, 편향성 등에 따른 중요도 인식차이를 충분히 고려한 의사결정 기법의 적용을 제안하였다. Kim et al. (2010)은 기존의 연구들을 토대로 교통부문에서 그간 이용되어온 평가항목들을 선정 후, 전문가 설문 조사를 통해 교통부문의 녹색성장을 구성하는 부문들에 대한 상대적 중요성을 밝히고 각 부문별 평가항목을 개발하였다. 분석결과, 저탄소친환경성이 가장 높은 가중치를 나타내며, 경제 활동성이 가장 낮은 가중치를 차지하는 것으로 나타났다. 이에 현재 교통 전문가들은 녹색성장 중 성장 부문에 대한 인식이 부족한 사실을 확인하였으며, 녹색성장을 유럽 선진국 수준으로 향상시키기 위해서는 앞으로 많은 노력이 있어야 할 것이라고 제안하고 있다.

## 2.2 자동차 배출 저감량 산정 연구

Rakha et al. (2001)은 미시적 교통류 모형과 배출량 모형의 결합을 통해 ITS 등의 교통신호시스템이 에너지 소비와 차량 배출량에 미치는 영향을 평가할 수 있는 방안을 제시하였다. Metha et al. (2001)은 다양한 ITS 운영전략의 대기환경 영향을 평가하였으며, 교통계획 시 교통과 환경 분야가 유기적인 체계를 유지하고 대기질을 평가할 수 있는 방법론 개발의 필요성을 제시하였다. Zietsman et al. (2004)은 대중교통에 의한 자동차 배출 저감량과 그 경제적 효과를 분석하였다. Gyeonggi Research Institute (2002)에서는 거시적 교통 시뮬레이션 모형인 사통팔달을 이용하여 수도권 행정구역별, 격자별 배출량을 산출하였다. 이 연구에서 추정된 배출량은 환경부가 발표한 배출량과 비교해 65%의 수준으로 낮게 추정되었으며, 이것은 산출 방법 및 자동차 총 주행거리의

차이라고 제시하고 있다. 또한 총 5개의 저감정책 시나리오에 대하여 분석하였으며 총 배출량의 경우 출퇴근 시차제는 1%, 차량 10부제 운행은 7.6%, 광역철도 건설은 16.7% 저감되는 것으로 분석되었다. Korea Transport Institute (2008)은 국가 온실가스 배출량 산정에서는 활동도의 세분화가 전체 온실가스 배출량에 큰 영향을 끼치지 않지만, 저감 정책의 효과를 분석하기 위해서는 도로부문의 활동도 자료에 대한 세분화가 필요하다고 제시하고 있다. Hwang (2010)은 LEAP 모형을 이용하여 온실가스 배출 저감량을 전망하였는데 2030년까지 하이브리드차량이 45%를 차지하는 시나리오 I, 소형차 보급율을 2030년까지 선진국 수준인 60%로 끌어올리는 시나리오 II, 경유 승용차 보급률 증가의 시나리오 III에 대한 배출 저감량을 전망하였다. 시나리오 I은 기준안에 비하여 2030년에 약 5.57%, 시나리오 II와 III은 각각 8.86%, 1.02%의 온실가스 감축효과가 있는 것으로 나타났다. Lee et al. (2011)은 차종별·연식별 자동차 등록대수 추이, 세부 차종별 자동차 등록대수, 차령별·차량연료별 열화계수 등을 입력하여, 장래 도로이동오염원 배출량 산정에 적합한 차종별·속도별 배출계수를 산정하는 가변적 복합 배출계수 추정모형을 개발하였다. Lee et al. (2012b)은 고속도로 상에 배출되고 있는 CO<sub>2</sub>에 대하여 국립환경과학원의 배출계수와 Emme/3모형을 활용하여 분석하였다. 현재 2010년 기준으로 약 17.3백만 톤의 CO<sub>2</sub>배출량이 고속도로에서 발생하는 것으로 나타났으며, 전기차 보급전망에 따라 2015년에는 약 2%의 온실가스 저감 효과가 발생하는 것으로 분석되었으며, 2020년에는 약 12.8% 저감 효과를 나타내었다. Ku (2011)는 2016~2026년 부산광역시를 중심으로 지속가능 교통물류발전기본계획 상의 7개 교통수요관리 정책에 대해서 교통수요모형을 통해 온실가스 감축잠재량을 산정하고 그에 따른 편익을 추정하여 정책들을 비교하고 있다.

## 2.3 본 연구의 차별성

기존 자동차 배출저감정책 평가에서는 오염물질에 대한 정량적인 평가가 주된 연구내용이었으나, 본 연구에서는 의사결정모형을 이용한 각 평가항목 간 상대적 중요도 분석 결과를 기반으로 정량적인 효과 외에 정책적 판단 및 실효성 측면도 함께 고려할 수 있는 평가체계를 마련한 차이가 있다. 또한 실질적인 배출 저감량을 도출하기 위해 Choi et al. (2009)의 연구에서 제안한 교통·토지이용 측면의 변화를 반영하여 실질적인 자동차 통행행태를 교통수요 예측 시뮬레이션으로 모델링하여 배출량을 추정하는 상황식 배출량 산정기법에 의해 저감 잠재량을 평가하였다. 그리고 제작차 배출허용기준 변화에 따른 장래시점의 배출계수를 고려하지 않은 기존 연구와 달리 본 연구에서는 Lee et al. (2011)의 연구에서 제안한 장래 분석연도의 경과에 따른 차종과 연식의 구성 변화를

반영한 가변적 복합 배출계수를 활용하여 장래 배출 저감량을 산정한 차이가 있다.

### 3. 의사결정보형을 이용한 자동차 배출저감정책 평가

#### 3.1 자동차 배출저감정책의 구성

국내에서 추진되고 있는 대기환경 관리 정책 및 온실가스 저감 정책 내용을 살펴보면 대기환경 관리 정책은 신규 제작차 관리, 운행자동차 관리, 교통수요 관리 등과 같은 전통적 자동차 대기환경 관리정책이 주류를 이루고 있으나, 최근에는 그린카 보급 확대 등과 같이 신기술 개발을 통한 저감정책도 함께 이행되고 있다.

지속가능한 교통시스템 구축과 관련하여 적용 가능한 대기오염 물질 및 온실가스 감축정책은 크게 억제 전략(Avoid Strategy), 전환 전략(Shift Strategy), 개선 전략(Improve Strategy)으로 구분할 수 있다. 억제 전략은 승용차 등 자가용 이용을 억제함으로써 교통수요 조절을 통해 온실가스 배출량을 감축하고자 하는 전략이며, 전환 전략은 승용차 중심의 교통수단수요를 도보, 자전거, 대중교통 등의 비동력 무탄소 교통수단이나 고효율 교통수단으로의 전환을 유인하는 전략이다. 그리고 개선 전략은 CNG 버스, 하이브리드카, 수소연료 전지차 등의 친환경 자동차 신규 기술개발 및 에코 드라이빙, 공회전 방지 등의 운행습관개선 정책 등과 같이 배출계수 저감 중심의 전략들을 포함한다.

Table 1. Outline of Management Strategies for Mobile Emissions Reduction

Strategy	Measures	Symbol	Description
Avoid Strategy	Carfree Day	A1	A policy that citizens voluntarily do not drive their cars on a weekday
	Expressway Ramp Metering	A2	A process that controls traffic at expressway access ramps to prevent traffic delay and stoppage on the main expressway lines
	Employer-based Transportation Demand Management	A3	A system by which businesses and facility owners voluntarily engage in reducing traffic
	Smart Work	A4	A policy that employees can use ICT and work anytime anywhere
	Paid Parking System	A5	A system by which paid parking is implemented to promote public transport and to manage transport demand
	Congestion Charges	A6	A system by which a toll is charged to sedans entering special areas to restrain the use of private cars
Shift Strategy	Exclusive Bus Lanes	S1	A system by which an exclusive lane is given to public transport so as to restrain the use of private cars and to promote public transport
	Public Bikes	S2	Promotes public bikes and expands bike roads
	Transfer Parking Areas	S3	Promotes the convenience of public transport in order to shift private car demand to public transport
	Penetration of Mini Vehicle	S4	A policy that promotes light cars to reduce emissions
Improve Strategy	Penetration of Electric Vehicle	I1	Promotes EVs - which are operated only with batteries and electric motors - to improve air quality
	Penetration of Hybrid Vehicle	I2	Promotes plug-in hybrid vehicles (PHEV) and hybrid vehicles (HEV) to improve air quality
	Early Scrapping of Decrepit Diesel Vehicle	I3	Encourages an early disposal of old cars that create heavy emissions although they are equipped with emission reduction devices
	Attaching Exhaust Gas Reduction Devices	I4	Attaches smoke-reduction devices (DPF, pDPF) to cars to improve air quality
	Cracking Down on Engine Idling	I5	Cities and provinces set up regulations on engine idling to crack down on it and to impose fines.
	Limiting Heavy-pollution Cars	I6	A policy that limits the operation of old diesel cars that emit heavy pollutants
	Emission Criteria for New Cars	I7	Upgrades emission criteria to developed nations' levels (EURO-6) to improve the air environment
	Bolstering Car Fuel Quality Level	I8	Bolsters the criteria for manufacturing gasoline and diesel (fuel components such as sulfur content, benzene, and olefin)
	Improving Traffic Signal System	I9	Improves traffic signal systems at congested crossings to improve car travel speeds
	Hydrogen Fuel Cell Vehicles	I10	Promotes hydrogen fuel cell vehicles to improve air quality
	Spreading Electric Motorcycles	I11	Replaces gasoline motorcycles with eco-friendly electric motorcycles
	Eco-friendly Driving Culture	I12	Changes wrong driving habits to minimize fuel loss
	CNG Hybrid Bus Diffusion Activation	I13	Replaces diesel buses with CNG and CNG hybrid buses

환경부의 수도권 대기관리 정책 및 국토교통부의 녹색교통 추진 사업 등을 검토하여 주요한 자동차 배출저감정책을 1차적으로 선정하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

### 3.2 의사결정모형의 구성

해당 자동차 배출저감정책들을 종합적으로 평가하기 위한 의사결정모형을 구성하는 평가항목은 총 14인(교통전문가 4인, 대기환경전문가 6인, 자동차기술전문가 4인)을 대상의 설문조사를 통해 선정되었다. 그 결과 정량적 평가항목인 ‘대기오염물질 저감량’과 ‘온실가스 저감량’ 항목, 정성적 효과항목인 ‘상위계획과의 일치성’, ‘정책추진 용이성’, ‘기술적용 용이성’이 선정되었다.

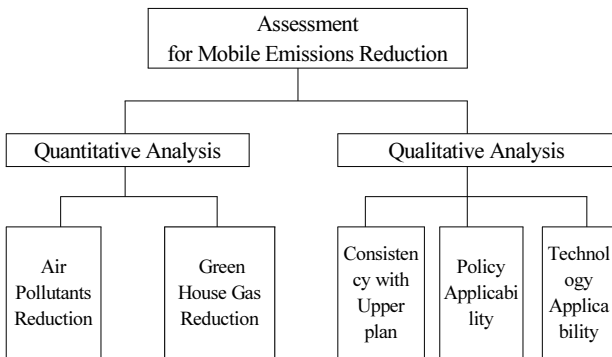


Fig. 1. Hierarchy of Assessment Criteria for Mobile Emissions Reduction

본 연구에서 구성한 5개의 평가항목을 종합적으로 고려하기 위해, 다기준 의사결정기법(Multi-criteria Decision Making: MCDM)을 사용하며, 평가항목 간 상대적 가중치는 AHP에서 사용되는 쌍대비교 방법을 이용하였다.

본 연구에서 설정한 AHP 계층 구조는 Fig. 1과 같으며, 교통환경·자동차 관련분야 14인의 전문가 대상으로 Miller (1956)가 제시한 9점 척도를 기준으로 평가항목 간 상대적 가중치를 평가하였다.

일관성 지수가 0.1이상인 평가자를 제외한 상대적 가중치를 종합한 결과, 정책적 평가 항목의 가중치(0.409)보다 대기오염 및 온실가스 배출량 감축효과 평가항목의 가중치(0.591)가 더 높은 가중치를 가지는 것으로 나타났다. 대기오염물질 저감량의 가중치(0.373)는 온실가스 저감량의 가중치(0.218)보다 높으며, 정책적 평가항목 중에서는 기술적용 용이성의 가중치(0.183)가 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다.

### 3.3 저감정책의 평가 결과

저감정책 23개에 대해 각 평가항목별로 전문가 설문조사의 10점 척도방식으로 평가하였고, 여기에 Table 2의 평가항목 간 상대적 가중치를 적용하여 각 정책들을 평가하고 우선순위를 결정하였다.

평가 결과, 억제 전략의 경우 승용차 요일제 정책이 종합점수 7.45점으로 전체 우선순위 1위, 혼잡통행료 부과 정책이 6.89점으로 전체 우선순위 4위로 비교적 중요한 정책안 것으로 나타났으며, 전환 전략의 경우 버스전용차로 정책이 종합점수 6.93점으로 전체

Table 2. The Relative Weight for Evaluation Criteria

	Quantitative Analysis		Qualitative Analysis			Consistency Index (C.I)	Note
	Air Pollutants Reduction	Green House Gas Reduction	Consistency with Upper plan	Policy Applicability	Technology Applicability		
1	0.600	0.200	0.027	0.048	0.125	0.020	
2	0.100	0.400	0.061	0.279	0.160	0.020	
3	0.125	0.125	0.123	0.405	0.223	0.010	
4	0.188	0.563	0.070	0.034	0.146	0.130	C.I ≥ 0.1
5	0.188	0.563	0.034	0.146	0.070	0.130	C.I ≥ 0.1
6	0.250	0.500	0.135	0.041	0.074	0.010	
7	0.563	0.188	0.041	0.074	0.135	0.010	
8	0.125	0.125	0.125	0.125	0.500	0.000	
9	0.500	0.250	0.049	0.123	0.078	0.050	
10	0.150	0.050	0.366	0.101	0.333	0.010	
11	0.375	0.375	0.028	0.059	0.163	0.130	C.I ≥ 0.1
12	0.500	0.250	0.074	0.041	0.135	0.010	
13	0.625	0.125	0.036	0.107	0.107	0.000	
14	0.563	0.188	0.030	0.080	0.140	0.020	
Ave.	0.373	0.218	0.097	0.129	0.183	-	Except 4,5,11

Table 3. The Evaluation Result for Management Strategies of Mobile Emissions by AHP

	Quantitative Analysis		Qualitative Analysis			Total Score	Priority
	Air Pollutants Reduction	Green House Gas Reduction	Consistency with Upper plan	Policy Applicability	Technology Applicability		
A1	7.36	7.29	7.00	7.14	8.29	7.45	1
A2	5.50	5.57	5.64	6.29	7.43	5.98	14
A3	6.27	6.12	5.15	5.32	7.79	6.28	10
A4	5.21	5.37	6.30	5.40	5.21	5.38	19
A5	5.71	5.57	6.29	5.57	7.86	6.11	12
A6	7.21	6.93	6.71	5.64	7.14	6.89	4
S1	6.64	6.43	7.64	6.93	7.71	6.93	3
S2	4.43	4.64	6.50	6.07	7.21	5.40	18
S3	6.14	6.00	6.86	6.36	7.43	6.44	8
S4	6.57	6.93	7.50	5.93	7.50	6.83	5
I1	7.60	6.73	7.27	5.00	4.47	6.47	7
I2	6.93	6.87	7.27	6.40	6.00	6.71	6
I3	7.47	6.73	7.20	6.67	8.13	7.30	2
I4	6.15	6.02	7.02	6.87	6.42	6.35	9
I5	4.98	5.01	6.12	5.94	6.32	5.47	17
I6	5.23	5.06	5.93	6.23	5.87	5.51	16
I7	6.05	5.89	6.23	6.53	6.21	6.12	11
I8	5.87	6.13	5.32	5.76	5.40	5.77	15
I9	4.98	4.53	5.23	5.56	5.70	5.11	22
I10	5.23	5.43	5.47	5.46	5.49	5.37	20
I11	4.37	4.27	4.85	4.65	4.76	4.50	23
I12	4.98	5.03	6.13	5.97	5.59	5.34	21
I13	5.92	5.87	6.23	5.74	6.33	5.99	13

Note: Total Score takes the weights into account.

우선순위 3위, 경차보급 활성화 정책이 6.83점으로 전체 우선순위 5위로 우선순위가 비교적 높게 나타났다. 개선 전략의 경우 노후 경유차 조기폐차 정책이 종합점수 7.30으로 우선순위 2위로 가장 높게 나타났으며, 하이브리드 자동차와 전기자동차 보급 정책이 비교적 높은 점수 결과를 나타내었다. 기타 정책의 경우는 우선순위가 상대적으로 낮게 나타났다.

#### 4. 교통수요모형과 의사결정모형을 이용한 자동차 배출저감 정책 평가

##### 4.1 자동차 배출저감정책의 구성

앞서 도출된 저감 정책별 우선순위를 바탕으로, 우선순위가 높은 주요 7개 전략(억제 전략 2개, 전환 전략 2개, 개선 전략 3개)에 대한 상세한 평가를 수행하였다.

억제 전략에는 승용차 요일제 정책, 혼잡통행료 부과 정책이 분석대안으로 선정되었다. 승용차 요일제 정책의 경우 각 대도시권(서울, 경기, 6대 광역시)에서 시행 중에 있으며, 참여 현황을 살펴보면 2003년부터 시행된 서울의 경우 42.9%로 가장 높게 나타났으나, 다른 광역시도의 경우 2010년 이후부터 본격 시행되어 1.7~16.8%의 참여율을 보이고 있다. 이에 본 연구에서는 서울, 경기, 6대 광역시의 승용차 요일제 참여율을 2017년 50%, 2023년 60%, 2027년 70%로 단계적으로 확대 시행하며, 미시행시는 현재의 참여율과 동일하다는 가정 하에 분석을 시행하였다. 혼잡통행료 부과 정책의 경우 Korea Transport Institute (2010) 연구결과를 인용하여 수도권 내 개방식 고속도로인 경인선, 제2경인선, 서울외곽순환고속도로의 무료구간 IC에 혼잡통행료를 부과하여 분석을 수행하였다.

전환 전략에는 버스전용차로 확대, 경차보급 활성화 정책을

분석대안으로 선정하였다. 버스전용차로 확대 정책의 경우 Korea Transport Institute (2012)과 Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2010)의 연구 결과에서 서해안 고속도로와 서울외곽순환고속도로에 반복적인 지·정체가 발생하고 있어 버스전용차로제 실시 필요성이 있는 것으로 나타났으며, 해당 구간을 분석범위로 설정하여 배출저감효과를 분석하였다. 경차보급 활성화 정책의 경우 2011년 기준 전국 승용차 등록대수 대비 경차 등록은 8.7%이며, 2010년 기준 일본의 경우 약 30.7% 수준인 바, 본 연구에서는 전국 경차보급 활성화 정책에 따른 경차 등록률을 선진국 수준인 2017년 15%, 2023년 20%, 2027년 25%로 시행된다는 가정 하에 분석을 수행하였다.

개선 전략에는 전기 자동차 보급 확대, 하이브리드 자동차 보급 확대, 노후 경유차 조기폐차 정책을 분석대안으로 선정하였다. 2010년 정부에서는 저공해 자동차 로드맵을 계획하여, 단계별로 개발 및 양산 목표를 수립하였으며, 본 연구에서는 전기 자동차, 하이브리드 자동차 보급계획을 기준으로 분석을 수행하였다. 또한, 수도권 대기환경관리 기본계획(2010)에는 연간 25,000대의 노후 경유차 조기폐차를 계획하고 있는 바, 본 연구에서는 이를 기준으로 저감효과를 분석하였다. 저감 정책별 상세한 분석 전제는 다음과 같다.

- 승용차 요일제(A1): 각 대도시권 등록대수 중 ‘17년 50%, ‘23년 60%, ‘27년 70%로 참여율 확대(미시행시 참여율은 현시점 동일)
- 혼잡통행료 부과(A6): 경인선, 제2경인선, 서울외곽순환선의 무료구간 IC에 혼잡통행료 부과
- 버스전용차로 확대(S1): 네트워크에 서울외곽순환선, 서해안선(매송IC~당진JC)의 차로에 버스전용차로 운영
- 경차보급 활성화(S4): 경차등록 비율을 ‘17년 15%, ‘23년 20%, ‘27년 25%로의 확대 시나리오 설정(미시행시 8.7%), 장래 통행 패턴 동일 가정
- 전기 자동차 보급(I1): 누적 보급 목표량(‘17년 469,900대, ‘23년 1,622,500대, ‘27년 2,390,900대), 장래 통행 패턴 동일 가정
- 하이브리드 자동차 보급(I2): 누적 보급 목표량(‘17년 378,700대, ‘23년 928,300대, ‘27년 1,294,700대), 장래 통행 패턴 동일 가정
- 노후 경유차 조기폐차(I3): 승용차(‘17년 125천대, ‘23년 25천대, ‘27년 375천대), 화물차(‘17년 100천대, ‘23년 200천대, ‘27년 300천대), 장래 통행 패턴 동일 가정

## 4.2 자동차 배출 저감량의 분석 방법

국가 배출량은 TDA 기법 기반의 대기정책지원시스템(CAPSS:

Clean Air Policy Support System)으로 추정되고 있으며, 일률적인 평균 통행속도와 자동차 등록대수 기반으로 공간별 배출량을 산정함에 따라 공간 배출량에 대한 신뢰성의 한계를 가지고 있다. 또한 속도별 배출계수 변화에 대한 현실적인 반영의 제약성이 있다.

공간적인 자동차 주행특성을 반영한 자동차 배출량 산정 결과를 도출하기 위해서는 도로구간별 주행 통행량 및 속도 자료의 반영이 요구된다. 본 연구에서는 교통수요예측모형을 이용한 분석이 적절하다고 판단하여, 美 Caliper사의 Trans-CAD 5.0 교통계획 S/W를 이용하여, 도로구간별 교통 활동도 자료에 의한 배출량을 분석하였다.

$$E_m = \sum_l \sum_{k=1}^3 (VKT_{l,k} \times EF_{k,m}) \quad (1)$$

$E$ : 배출량 (g)

$VKT_{l,k}$ : 링크별( $l$ ), 차종별( $k$ ) 총 주행거리 (대·km)

$EF_{k,m}$ : 차종별( $k$ ), 배출물질( $m$ ) 해당 링크 주행속도의 km당 배출계수 (g/km)

$k$ : 차종(1:승용차, 2:버스, 3:화물차)

$m$ : CO, NO<sub>x</sub>, HC, PM, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

자동차 배출 저감량에 포함하는 차량배출물질은 대기환경보전법에서 규정하고 있는 대기오염물질 중 CO, NO<sub>x</sub>, HC, PM와 온실가스 중 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O로 설정하였다.

자동차 배출 저감량 산정에는 단위 활동도 당 배출량으로 정의되는 배출계수가 요구된다. 이는 자동차가 1km를 주행할 때 배출되는 양(g)을 나타낸 것으로 교통부문의 배출량은 차량의 종류, 차량연료, 주행특성(속도·가감속 등)에 따라 오염물질의 성분 및 양이 달라진다는 특징이 있다. 교통사업 평가 시에는 일반적으로 “도로철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(Korea Development Institute, 2008)”, “교통시설 투자평가지침(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011)”의 차종별 배출계수를 적용하다. Lee et al. (2011) 연구에서는 차종별·연식별 자동차 등록대수 추이, 세부차종별 자동차 등록대수, 차량별·차량연료별 열화계수 등을 입력하여, 장래 도로이동오염원 배출량 산정에 적합한 차종별·속도별 배출계수를 산정하는 가변적 복합 배출계수 추정모형을 제시하고 있으며, 본 연구에서는 이를 활용하여 배출 저감량을 산정한다.

## 4.3 저감정책의 평가 결과

### 4.3.1 저감량 산정 결과

본 연구에서 구성한 각 저감정책에 대해 2017~2027년의 자동차 배출물질별 누적 저감량을 산정한 결과는 Table 4-5와 같다.

**Table 4. Air Pollutants Reduction for Management Strategies of Mobile Emissions**

(Unit: ton/10 years)

	CO	HC	NOX	PM
A1	9,811	312	4,567	161
A6	1,078	66	722	25
S1	7,353	741	4,687	126
S4	11,351	270	8,909	293
I1	9,699	359	4,747	122
I2	4,586	184	2,349	64
I3	7,357	928	12,828	402

**Table 5. Green House Gas Reduction for Management Strategies of Mobile Emissions**

(Unit: ton/10 years)

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
A1	4,917,061	426	1,006
A6	409,428	32	70
S1	1,021,183	109	262
S4	3,380,003	309	784
I1	3,743,816	303	719
I2	1,687,686	136	309
I3	3,411,872	150	213

대기오염물질 중 CO의 가장 많은 누적 저감 효과를 나타낸 정책은 경차보급 활성화 정책(11,351톤)으로 나타났으며, 노후 경유차 조기폐차 정책은 다른 정책보다 HC (928톤), NO<sub>x</sub> (12,828톤), PM (402톤)의 저감 효과가 높은 것으로 나타났다. 그리고 대표적인 온실가스인 CO<sub>2</sub>를 가장 많이 저감시키는 정책은 승용차 요일제 정책(4,917,061톤)인 것으로 나타나는 등 각 정책별 저감 효과는 배출물질별로 다르게 분석되었다.

**4.3.2 편익 산정 결과**

각 정책들은 배출물질별로 상이한 저감효과를 나타내며, 각 배출물질들은 보건 및 환경에 각기 다른 영향을 미치므로 단순히 특정 배출물질의 저감량만으로 정책의 효율성을 판단하는 것은 어렵다. 따라서 본 연구에서는 사회적 비용 절감 편익을 이용하여, 각 정책의 배출물질별 저감량을 종합적으로 평가하였다.

이를 위해 Table 6과 같이 “교통시설 투자평가지침(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011)”의 배출물질별 사회적 비용 원단위를 활용하였다. 이때, 차량배출물질은 소비자 물가상승률을 적용하여 2010년 기준으로 환산하였으며, CH<sub>4</sub>와 N<sub>2</sub>O는 IPCC (1995)에 근거한 온실가스별 지구온난화지수를 활용하여 사회적 비용 원단위를 산정하였다.

**Table 6. Social Cost Per Unit for Air Pollutants (2010)**

(Unit: ₩/kg)

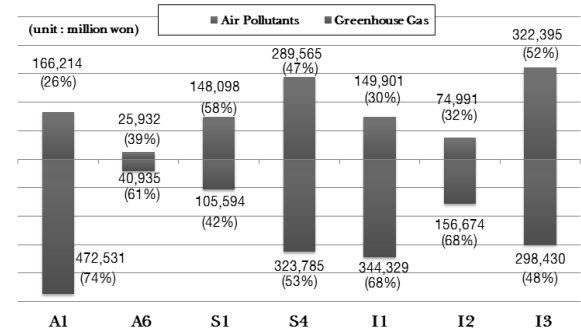
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Social Cost Per Unit	10,739	12,481	12,922	80,123	166	3,486	51,460

**Table 7. Cumulative Benefits for 10 Years of Management Strategies for Mobile Emissions**

(Unit: One Million Won)

	Air Pollutants	Green House Gas	Sum of Benefits	Priority
A1	166,214 (26%)	472,531 (74%)	638,744	1
A6	25,932 (39%)	40,935 (61%)	66,867	7
S1	148,098 (58%)	105,594 (42%)	253,692	5
S4	289,565 (47%)	323,785 (53%)	613,350	3
I1	149,901 (30%)	344,329 (70%)	494,230	4
I2	74,991 (32%)	156,674 (68%)	231,665	6
I3	322,395 (52%)	298,430 (48%)	620,825	2

Note: ( ) is proportion of benefits



**Fig. 2. Cumulative Benefits of Mobile Emissions Reduction Measures**

저감정책별 사회적 비용 절감 편익을 분석한 결과는 Table 7, Fig. 2와 같으며, 가장 높은 편익을 나타낸 저감정책은 승용차 요일제 정책으로써 대기오염물질의 저감 편익 166,214백만원, 온실가스의 저감 편익 472,531백만원으로, 총 편익은 638,744백만원으로 나타났다. 반대로 가장 낮은 편익을 나타낸 정책은 혼잡통행료 부과 정책인 것으로 나타났다.

대기오염물질 및 온실가스는 모두 화석연료 사용이라는 동일한 요인에서 발생하기 때문에 기후변화에 대응하기 위한 정책은 온실가스 배출량의 직접적인 저감 뿐 아니라, 화석연료의 연소과정에서 발생하는 대기오염물질의 배출량도 저감시키는 부수적인 효과를 수반하게 된다. 다만 각 정책별로 온실가스와 대기오염물질의 배출 저감에 기여하는 정도는 차이를 보이게 된다. Table 7의 배출물질별 저감 편익 기여도를 살펴보면, 승용차 요일제 정책의 경우 온실가스 저감 기여도(74%)가 가장 높으며, 이는 온실가스를 다수 유발시키



Table 8. The Evaluation Results for Management Strategies of Mobile Emissions by AHP & TDM

	Quantitative Analysis		Qualitative Analysis			Total Score	Priority
	Air Pollutants Reduction	Green House Gas Reduction	Consistency with Upper plan	Policy Applicability	Technology Applicability		
A1	2.49	1.96	0.70	0.94	1.55	7.64	2
A6	2.10	1.25	0.67	0.74	1.34	6.10	7
S1	2.44	1.36	0.76	0.92	1.45	6.92	4
S4	2.84	1.71	0.75	0.78	1.41	7.49	3
I1	2.45	1.75	0.72	0.66	0.84	6.41	5
I2	2.24	1.44	0.72	0.85	1.12	6.37	6
I3	2.93	1.67	0.72	0.88	1.52	7.72	1

Table 9. Comparison of the Results for Evaluation Methods

	AHP		TDM		AHP & TDM	
	Total Score	Priority	Sum of Benefits	Priority	Total Score	Priority
A1	7.45	1	638,744	1	7.64	2
A6	6.89	4	66,867	7	6.10	7
S1	6.92	3	253,692	5	6.92	4
S4	6.83	5	613,350	3	7.49	3
I1	6.47	7	494,230	4	6.41	5
I2	6.71	6	231,665	6	6.37	6
I3	7.30	2	620,825	2	7.72	1

는 휘발유를 사용하는 승용차 대상의 정책이기 때문으로 사료된다. 반대로 버스전용차로 확대 정책의 경우 대기오염물질 저감 기여율이 58%로써 온실가스 저감 기여율(42%)보다 높은 것으로 나타났다. 이는 버스전용차로 확대 정책이 PM과 NOx의 주 배출원인 경유를 사용하는 버스에 대한 배출저감을 유도하는 정책이기 때문으로 판단된다.

#### 4.3.3 저감정책의 평가 결과

전문가의사결정 기법으로 선정된 주요 7개 정책에 대해 교통수요모형으로 산정된 정량적 편익 결과(Table 7), 정성적 평가 결과(Table 3), 평가항목별 상대적 가중치(Table 2)를 종합적으로 고려한 평가 결과는 Table 8과 같다. 이때, 정량적 평가항목과 정성적 평가항목 간 평가척도가 상이하기 때문에, 각 평가결과를 Z점수로 표준화하여 환산하고, 여기에 7을 더하여 변환한 값이 10에 근사한 값이 되도록 평가점수를 보정하였다. 따라서 Table 8에서 제시하고 있는 결과 값들은 최종 평가점수를 Z값으로 표준화하여 7을 더한 값이며, 평가항목 간 상대적 가중치가 곱해진 결과이다.

최종 평가결과를 살펴보면, 노후 경유차 조기폐차 정책(I3)이 종합점수 7.72로써 정책 우선순위가 가장 높은 것으로 나타났으며,

승용차 요일제 정책(A1), 경차보급 활성화 정책(S4)순의 정책 우선순위가 도출되었다.

노후 경유차 조기폐차 정책(I3)은 경유 연소에 기인한 PM과 NOx의 발생을 저감시키기 때문에 대기오염물질의 저감효과가 높고, 인센티브 제공을 통해 폐차 및 신차 구매를 유도하는 정책이기 때문에 사회적 수용성이 높은 정책이다. 또한 기술적으로도 제약이 없이 시행될 수 있는 정책에이기 때문에 I3 정책의 평가 우선순위가 가장 높게 나타난 것으로 판단된다. 이러한 결과는 대기질 개선의 정량적 효과와 사회적·기술적 수용성을 고려한 결과로써 보편타당한 결과를 과학적 방법을 통해 도출할 수 있는 가능성을 보여준다.

승용차 요일제 정책(A1)의 경우도 중국 베이징의 2014년 APEC 개최 시 우선적으로 추진하여 대기질 개선 측면에서 긍정적 효과를 나타낸 것으로 평가받고 있듯이 대기질 개선 효과가 높은 정책이며, 지속적인 정책 홍보를 통해 사회적 수용성이 비교적 높은 정책이기 때문에 종합적 평가결과가 우수한 것으로 나타났다. 경차보급 활성화 정책(S4)의 경우도 인센티브 제공에 의한 정책으로써 사회적 수용성이 높고 기술적으로 제약이 없는 정책이기 때문에 정책 효과가 우수한 것으로 도출되었다.

#### 4.3.4 평가 결과의 비교

자동차 배출저감정책의 평가 방법별로 정책간 우선순위를 비교한 결과, AHP 기법 적용 시에는 승용차 요일제 정책(A1), 노후 경유차 조기폐차 정책(I3), 버스전용 차로 정책(S1), 혼잡통행료 부과 정책(A6) 순으로 우선순위가 높게 나타나며, TDM으로 평가 시에는 승용차 요일제 정책(A1), 노후 경유차 조기폐차 정책(I3), 경차보급 활성화 정책(S4), 전기 자동차 보급 정책(I1) 순으로 우선순위가 높은 것으로 나타났다. 그리고 TDM과 AHP를 함께 고려하여 정책을 평가한 결과는 노후 경유차 조기폐차 정책(I3), 승용차 요일제 정책(A1), 경차보급 활성화 정책(S4)의 순으로 분석된 것과 같이 평가 방법별로 정책간 우선순위의 차이가 있는 것으로 나타났다.

TDM 평가에서는 승용차 요일제 정책(A1)이 가장 효과적이나,

AHP와 TDM을 결합한 평가에서는 노후 경유차 조기폐차 정책 (I3)이 가장 우수한 정책으로 평가되고 있다. I3 정책의 경우 인센티브에 의한 개선 정책이기 때문에 승용차 이용을 규제하는 억제 정책에 포함되는 A1 정책보다 사회적 수용성이 높기 때문에 이와 같은 결과가 도출된 것으로 판단된다. 즉, 본 연구에서 제안한 AHP와 TDM을 결합한 평가 방법은 기존 정량적 평가 방법에서 충분히 고려하지 못하는 정책적 요소도 함께 고려할 수 있는 것으로 나타났다.

또한, AHP와 TDM의 결합에 의한 정책 평가결과는 AHP 만으로 평가된 결과와 다소 차이가 있는 것으로 나타났는데, 이는 정책적 판단만으로 정책추진 체계를 마련하는 것 보다는 정량적 요소를 함께 고려하는 것이 보다 합리적인 평가가 가능함을 시사한다.

다만, TDM 평가에 의한 우선순위와 비교해 TDM&AHP으로 평가된 우선순위는 전반적으로 유사하게 나타났다. 이는 본 연구에서 최종 고려된 7개의 저감정책들은 정책 실효성을 고려하여 선별된 정책들이기 때문에, 정책들의 정성적 평가결과도 큰 차이가 없으며, 이 때문에 TDM 평가결과와 TDM&AHP 평가결과가 유사하게 도출된 것으로 판단된다. 또한 정량적 효과가 높은 정책들은 대부분 정성적 효과도 높은 것으로 도출되었는데, 이는 배출저감 효과가 높을 것으로 평가되는 정책들에 대해 정부에서 이미 상위계획 및 정책 추진 근거를 마련하고 기술적 적용이 용이하도록 노력하고 있기 때문으로 판단된다. 즉, 추후 실효성이 검증되지 않은 새로운 저감정책을 평가할 경우에는 본 연구의 TDM&AHP 기반의 평가 방법은 기존 정량적 TDM 기반의 평가결과와 차별성이 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 대기질 관리의 정책방향 설정 및 체계적인 중장기 자동차 배출저감정책 수립에 기여하고자 교통수요모형과 다기준 의사결정보형을 활용한 자동차 배출저감정책의 평가 체계를 구성 하였으며, 본 연구에서 도출한 결과는 다음과 같다.

첫째, 자동차 배출저감정책의 평가항목인 대기오염물질 및 온실가스 감축효과, 상위계획과의 일치성, 정책추진 용이성, 기술적용 용이성의 상대적 중요도를 전문가 의사결정보형으로 조사한 결과 정량적 평가 항목인 대기오염물질 및 온실가스 감축효과에 대한 상대적 중요도가 각 0.373과 0.218로 나타나 정책적 평가 항목들에 비해 그 중요도가 높은 것으로 나타났다. 그리고 기존 연구가 전무한 자동차 배출저감 정책들의 정책적 평가항목 및 중요도의 경우 상위계획과의 일치성, 정책추진 용이성, 기술적용 용이성이 각 0.097, 0.129, 0.183으로 도출되어 향후 정책들의 정성적 평가에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 자동차 배출저감정책은 평가방법에 따라 우선순위의 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 본 연구에서 제안한 AHP와 TDM을 결합한 평가방법은 기존 정량적 평가에 의존한 정책 결정에서 충분히 고려하지 못하는 정책적 요소에 대해서도 계량적인 평가가 가능한 것으로 확인되었다. 또한 AHP와 TDM의 결합에 의한 정책 평가결과는 AHP 만으로 평가된 결과와 많은 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이는 정책적 판단 근거만으로 정책추진 체계를 마련하는 것보다 정량적인 요소를 함께 고려하는 것이 보다 합리적인 평가가 가능함을 시사한다. 즉, 본 연구에서 제시한 평가 체계는 자동차 유발 대기오염의 개선뿐 아니라, 저탄소 사회의 실현을 위한 온실가스 감축, 그리고 정책적 평가요소를 함께 고려한 평가 체계로서 보다 합리적인 저감정책 방향 설정과 효과적 대응을 위한 선행연구로서 의의를 가진다.

셋째, 본 연구에서 검토한 정책들은 실효성 측면을 고려하여 선별된 정책들이기 때문에, TDM 평가결과와 TDM&AHP 평가결과가 비교적 유사하게 도출되었으며, 이 때문에 정책들 간의 정성적 평가결과가 상당한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 배출저감 효과가 높을 것으로 평가되는 정책들에 대해 정부에서 실제로도 이미 상위계획 및 정책 추진근거를 마련하고 기술적 적용이 용이하도록 노력하였기 때문으로 평가할 수 있으며, 본 연구결과를 근거로 한 정부정책 추진의 타당성을 뒷받침할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구결과는 각종 저감정책들의 다원적 평가 척도로 활용할 수 있을 것으로 기대되나 본 연구에서는 각 저감정책의 상위계획 및 기본계획에 근거하여 추진 시나리오를 구성하였기 때문에 승용차 요일제, 버스전용차로 확대, 혼잡통행료, 경차보급 활성화 등의 저감정책들은 시나리오를 구성한 기본적인 가정과 범위에 국한된 결과라는 한계점이 있다. 또한 교통수요모형에 의한 교통 활동도 자료를 이용하여 장래 저감 잠재량을 평가하였으나, 교통수요예측 단계에서 반영되었던 토지이용계획이나 대규모 교통유발시설계획 등의 변경, 계획 시행의 지연 및 취소 등은 장래 교통수요의 과대 및 과소 예측의 원인으로 작용할 수 있으며, 장래 통행패턴의 불확실성이 포함될 우려가 있다. 또한 화석 연료를 이용하는 도로이동오염원은 연료연소 시 온실가스와 대기오염물질을 함께 발생시키므로 향후 해당 물질들을 통합하여 감소시키는 정책을 수립할 필요가 있다. 즉, 온실가스 저감정책과 대기오염물질 저감정책을 별도로 수립시행하는 것이 아니라 이를 통합 관리하여 차량배출물질 저감에 필요한 자원을 보다 효과적으로 배분할 수 있는 방법을 모색하여야 할 것이다. 마지막으로 향후 온실가스와 대기오염물질 간의 근원적 차이점을 이해하고 이에 대한 절충점 및 완화점을 모색하여 목적 부합과 비용 절감 등을 함께 고려할 수 있는 효과적인 연계감축 정책을 수립하여, 실질적인 도로이동오염원 저감정책의 관리 방안 에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0028693).

## References

- Choi, K. J., Lee, K. J. and Ahn, S. C. (2009). "An improvement of bottom up approach for estimating the mobile emission level." *Journal Korean Soc. Transp.*, Vol. 27, No. 4, Korean Society of Transportation, pp. 183-193 (in Korean).
- Gyeonggi Research Institute (2002). Estimating Automotive Emission Levels in SMA and Evaluating Transport-related Environment Policies (in Korean).
- Hwang, B. K. (2010). Analysis and Prospecton Green House Gas Emissions in Korea by Using Bottom-Up Model, Keimyung University, Master's Thesis (in Korean).
- IPCC (1995). CLIMATE CHANGE 1995: IPCC Second Assessment Report.
- Jung, B. D. (2002). "The analysis of priorities of roads investment using analytic hierarchy process." *Journal Korean Soc. Transp.*, Vol. 20, No. 5, Korean Society of Transportation, pp. 45-54 (in Korean).
- Jyotirmoy, D., Pratap, K. J. Mohapatra, Gopal Chandra Mitra (2010). "Prioritization of rural roads: AHP in Group Decision, Engineering." *Construction and Architectural Management*, Vol. 17, No. 2, pp. 135-158.
- Khademi, N. and Sheikholeslami, A. (2010). "Multicriteria group decision-making technique for a low-class road maintenance program." *Journal Infrastruct. Syst.*, Vol. 27, No. 3, pp. 188-198.
- Kim, H. M., Cho, J. S., Choi, J. M. and Kang, H. J. (2010). "Development of transportation indicators for green growth based on a questionnaire survey for transportation experts." *Journal Korean Soc. Transp.*, Vol. 28, No. 4, Korean Society of Transportation, pp. 41-59 (in Korean).
- Korea Development Institute (2008). Korean Preliminary feasibility study guidebook (5th) (in Korean).
- Korea Environment Institute (2010). Integrated Environmental Strategies (6th) (in Korean).
- Korea Transport Institute (2008). Establishing Greenhouse Gas National Inventory Management System in Korea (in Korean).
- Korea Transport Institute (2010). A Study on Expressway Congestion Charge (in Korean).
- Korea Transport Institute (2012). A Review of the Effectiveness and Feasibility of HOV Lane on Highway (in Korean).
- Ku, Y. H. (2011). Assessing the Potential Greenhouse Gas Emission Reductions of Transportation Demand Management Policies Using Travel Demand Model, Kyungsoong University, Master's Thesis (in Korean).
- Lee, J. K., Han, D. H., Oh, C. K. and Oh, K. K. (2012b). "Expressway greenhouse gas reduction effect analysis according to the electric vehicle supply." *The 67th Conference of Korean Society of Transportation*, Korean Society of Transportation, pp. 651-656 (in Korean).
- Lee, J. Y. and Leem, Y. T. (2006). "The establishment of a model and analysis of perceived differences between appraisers using analytic hierarchy process in the urban road construction project of daejeon city." *Journal of Korea Planners Association*, Vol. 41, No. 2, pp. 227-236 (in Korean).
- Lee, K. J., Choi, K. J., Yu, J. H. and Oh, S. C. (2011). "Variable emission factor prediction model for an air quality assessment of transportation projects." *Journal Korean Soc. Transp.*, Vol. 29, No. 6, Korean Society of Transportation, pp. 117-128 (in Korean).
- Lee, Y. H., Cho, W. B. and Kim, S. H. (2012a). "A study on technology priorities for green highway." *Journal of Korean Society of Road Engineers*, Vol. 14, No. 3, pp. 151-162 (in Korean).
- Lim, M. S., Park, J. H. and Ahn, S. B. (2009). "A study on selection of and priority on assessment indicators in green logistics: Focused on Ports and Inland Hub Terminals." *Journal of Korea Port Economic Association*, Vol. 25, No. 4, pp. 1-20 (in Korean).
- Metha, T., Mahmassani, H. S. and Bhat, C. R. (2001). "Methodologies for evaluating environment benefits of intelligent transportation systems." Center for transportation Research The University of Texas at Austin, Report No.FHWA/TX-04197-1.
- Miller, G. A. (1956). "The magical number seven, plus or minus two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information." *Psychological Review*, Vol. 101, No. 2, pp. 343-352.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2011). Design Guide of Bus Rapid Transit (BRT) (in Korean).
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2011). Transportation facility investment evaluation guidelines (4th) (in Korean).
- National Institute of Environmental Research (2008). Development of Greenhouse Gas Inventory and Emission Factors (in Korean).
- National Institute of Environmental Research (2010). National Air Pollutant Emission Calculation Method Manual II (in Korean).
- Rakha, H., Van Aerde, M., Ahn, K. and Trani, A. A. (2001). "Requirements for Evaluating Traffic Signal Control Impacts on Energy and Emissions Based on Instantaneous Speed and Acceleration Measurements." TRR 1738, Paper No. 00-1133.
- The Seoul Institute (2011). Amendment to the Air Quality Implementation Plan in Seoul (in Korean).
- Zietsman, J., Perkinson, D. G., Bochner, B. S. and Bynum, J. (2004). "Transit as a Potential Emissions Reduction Strategy." TRB 2004 Annual Meeting CD-ROM.