

■ 論 文 ■

미시적 시뮬레이션을 이용한 교통정책 대안별 자동차 배출가스 저감 효과 분석

Feasibility Analysis of Traffic Policy Alternatives for the Depreciation Effect Analysis of
Automotive Exhaust Gas using Microscopic Simulation

서 임 기

(원광대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정)

이 병 주

(전라북도청 건설물류국 교통정책과 교통전문위원)

왕 위 걸

(원광대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정)

남 궁 문

(원광대학교 토목환경도시공학부 교수)

— 목 차 —

- I. 서론
- II. 도로 Network 구성
- III. 미시적 시뮬레이션 분석
 - 1. 지역별 대기오염 발생원 현황
 - 2. 교통정보에 따른 경로변경 Action값 추정
 - 3. 차종별 배출 가스량 산정
 - 4. 교통정책 대안별 배출 가스량 추정
- IV. 경제성 분석
- V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 자동차 배출가스, 미시적 시뮬레이션, 교통정책, 경제성 분석, 교통정보 신뢰도
Automotive Exhaust Gas, Microscopic Simulation, Traffic Policy, Feasibility Analysis,
Traffic Information Reliability

— 요 약 —

고도의 산업화와 경제발전으로 인한 자동차 의존적인 교통체계는 도시의 교통혼잡, 에너지소비, 대기오염과 소음, 교통사고 등과 같은 많은 문제를 유발하고 있는 실정이다. 특히, 도심에서 자동차로 인한 대기오염은 과거 산업활동에 의해 발생된 공해문제보다 더욱 심각한 수준에 이르고 있다. 이에 본 연구에서는 미시적 시뮬레이션을 이용하여 자동차 배출가스 저감 효과를 파악하고 경제성 분석을 통해 도심지에서 대기오염을 최소화 하면서 차량 소통을 원활히 할 수 있는 교통정책이 무엇인지를 파악하였다. 그 결과, 차량 요일제가 투자비용이 없어 가장 효과적인 방법인 것으로 나타났으나 시민들에게 강제성을 부여함으로써 자동차 수요를 억제시키기 때문에 시민들과의 공감대 형성이 무엇보다 중요하며, 다른 대안들과 병행하여 추진하는 것이 효과적일 것이라는 결론을 얻었다. 향후 연구과제는 선호의식 조사를 통해 시민들이 생각하는 자동차 배출가스의 대기오염 영향을 조사하고 본 연구 결과를 통해 나타난 차량 요일제 도입시 참여 의사를 조사하여 실제 교통정책 도입 가능성 등을 파악하는 연구를 진행 해야겠다.

The car-dependent traffic system based on highly advanced industrialization and economic growth causes various urban problems including traffic jams, energy consumption, air pollution, noise, car accidents and other issues. Particularly in urban areas, air pollution from motor vehicles is worse than pollution from past industrialization. In this study, therefore, the authors grasped car exhaust reduction effects by using microsimulation and those traffic policies that could make cars flow smoothly, reducing the air pollution in urban areas through analysis on profitability. As a result, the weekday-based car using system has been found most effective as it does not need investment cost. However, this system may be socially unacceptable, as it requires the government to change driver behavior. Therefore, the government needs to first reach a consensus with the citizens regarding this system. This system will also be effective with other alternatives. As a follow-up study, the authors will research citizens' perceived impacts of car exhaust on air pollution through a study on preference and grasp the possibility of applying these study results to real traffic policies.

이 논문은 2007년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구됨.

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

고도의 산업화와 경제발전으로 인한 자동차 의존적인 교통체계는 도심의 교통혼잡, 에너지소비, 대기오염과 소음, 교통사고 등과 같은 많은 문제를 유발하고 있는 실정이다. 특히, 도심에서 자동차로 인한 대기오염은 과거 산업활동에 의해 발생된 공해문제보다 더욱 심각한 수준에 이르고 있다.

자동차 배출가스로 인한 대기오염은 시민들의 건강에 심각한 영향을 미칠 뿐만 아니라 지속적으로 노출되었을 때는 생명을 위협하는 요인이 될 수 있다는 점에서 큰 문제라고 볼 수 있다. 자동차에서 배출되는 CO, HC, NOx는 대표적인 오염원으로 교통정체 및 혼잡 등에 의한 공회전으로 더욱 가증된다고 볼 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 정부 각 차에서 많은 노력을 기울이고 있지만 크게 감소되지 않고 있다. 따라서 다양한 연구를 통해 자동차 배출가스를 저감시킬 수 있는 방안을 찾는 것이 절실히 필요한 실정이다.

자동차 배출가스 저감과 관련된 연구를 살펴보면, 국내에서는 주로 회귀모형을 이용하여 통행특성과 배출특성 사이의 상관관계를 연구하거나 총배출량을 지역별로 할당하는 기준에 관한 연구가 수행되었다. 조강래 등(1993)은 서울시 주요 간선도로를 선정하여 교통혼잡 시간대와 비혼잡 시간대에 각 노선의 주행 상태에 따른 배출가스 계수를 산정하였으며, 조중래(2002)는 1991년 환경부가 추정한 배출계수와 통행배분 모형의 결과인 VKT(Vehicle-Km Travelled)을 활용하여 시간대별, 링크별, 대기오염원별 자동차 배출량을 산출하였다. 또한 이영인(2004)은 기존의 거시적인 관점에서 배출량 산정 방식의 한계점을 파악하고 미시적 접근방식을 이용하여 실시간으로 변화하는 도로상황 및 개별차량의 주행 행태를 고려한 배출량 산정 모형을 제안하였다.

국의 연구자들은 평균 통행속도에 크게 의존하는 배출량 산정방법의 한계를 인식하고 실제 교통네트워크 상에서 주행행태와 운행조건을 반영하기 위해 미시적 시물레이션 모형을 이용하여 통합 모형을 구축하려는 시도를 하였다. Samaras et al(1997)은 배출량 산정의 bottom-up과 top-down 방식을 비교하여 원칙적으로 두 가지 평가 방법이 일치한다는 연구 결과를 발표하였으

며, Robert Joumard(1995)는 승용차의 배출량과 연료소비량에 영향을 미치는 요소들을 결정하기 위한 연구를 수행하였다. Barth, M, et al.(1996)은 평균 차량속도와 배출량에 대한 통계적 분석을 통해 다양한 교통상황 하에서 대기오염물질의 배출량 분석에 한계가 있음을 확인하였다. Hung, W. T. et al.(2000)은 신호체계 도로망에서 자동차에 의한 연료 소비량과 오염물질 배출량을 측정, 다양한 모형들을 이용하여 비교·분석하고 가장 적합한 모형을 산정하였으며, Randall L. Guensler는 MOBILE-Matrix를 구축하고 MOBILE 배출 모형을 통해 배출량을 산정하는 연구를 수행하였다.

또한 최근 지방 자치단체들의 환경친화적인 도시개발 방향에 맞추어 다양한 교통정책을 도입하고 있음에도 지속적인 자동차 증가로 인해 도심의 교통정체 및 혼잡이 증가함으로써 대기오염이 심각한 실정이다. 특히, 교통정체 및 혼잡은 자동차 배출가스를 증가시키는 주요 요인으로 도심지 환경오염을 해결하기 위해서는 교통문제를 해소하는 것이 매우 중요하다. 하지만 기존 연구들 대부분은 주행거리, 평균속도, 신호체계, 교통정보 등과 자동차 배출가스와의 관련성 규명에 그 목적이 있었으며, 교통정책과 관련된 연구들은 경제성과 기대효과를 중심으로 한 타당성 분석을 실시함으로써 환경적인 측면의 고려가 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 지방 중소도시인 익산시를 대상으로 기존의 타당성 분석 방법에 환경적인 측면을 고려하여 교통정체 및 혼잡 완화뿐만 아니라 대기오염까지 최소화시킬 수 있는 교통정책이 무엇인지를 파악하는데 그 목적이 있다.

2. 연구범위 및 방법

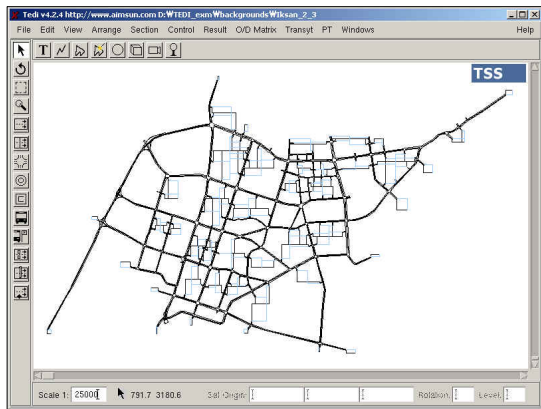
본 연구에서는 도시 교통문제가 차량 흐름에 국한되지 않고 대기오염과 같은 환경문제와 밀접한 관계가 있음을 인지하고 이를 종합적으로 고려한 교통정책 대안별 타당성 분석을 실시한다. 특히, 교통정책 대안별 자동차 배출가스 저감 효과에 대한 경제성 분석을 통해 가장 효율적인 대안을 결정하기 위하여 대상지역의 도로 네트워크를 구축한 후 미시적 시물레이션(AIMSUN)을 이용하여 차량 요일제, 교통정보 제공, 우회도로 신설시 자동차 배출가스를 측정하여 저감 효과를 파악한다. 그리고 대기오염 처리비용과 교통대안별 사업비를 산정한 후 회

수기간법을 적용하여 경제성 분석을 실시하였으며, 최종적으로 도심지에서 대기오염을 최소화 하면서 차량 소통을 원활히 할 수 있는 교통정책이 무엇인지를 파악한다.

II. 도로 Network 구성

본 연구의 연구대상지역인 익산시는 32만의 중소도시로 호남고속도로, 서해안고속도로와 인접해 있고 2007년 호남고속철도 정차 역으로 확정되었으며, 인근도시로는 전주, 군산, 김제를 20분 안에 접근할 수 있어 호남지역의 교통 요충지로 거듭나고 있는 도시이다. 특히, 새로운 도심지가 형성되고 상업지구의 발달로 인해 교통정체가 발생되고 있어 새로운 교통시스템의 도입 및 개선 등에 대한 연구를 수행하는데 매우 효과적이라고 판단된다.

먼저 13개의 동(洞)과 14개의 면(面), 1개 읍(邑)으로 구성되어 있는 행정구역중 도시개발에 따른 교통문제가 발생되고 있는 주요 도심지를 포함한 13개 동을 선정하여 시뮬레이션 네트워크를 구축하였다.



〈그림 1〉 연구대상지역 시뮬레이션 네트워크

시뮬레이션 네트워크 상에서 주요 간선도로 축은 첨두시간대 교통혼잡 및 정체가 유발되는 산업도로(김제 ⇄ 익산 I.C), 남북로(원광대학교 사거리 ⇄ 고속버스터미널), 인북로(신동 삼거리 ⇄ 인화 사거리), 공단대로(1공단 ⇄ 2공단), 중앙로(익산역 ⇄ 동산오거리) 5개 축으로 구성하였다.

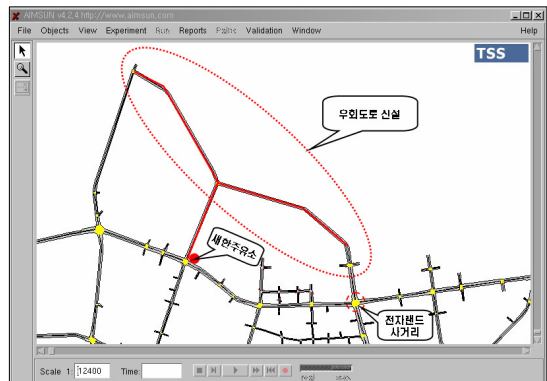
익산시의 주요 교통특성은 전주, 군산, 김제에서 접근하는 21번 국도를 중심으로 외부 통행량이 증가하면서 첨두시 교통정체 및 혼잡이 심각하게 발생하고 있는 상

황으로 함열에서 익산 I.C 방향, 김제에서 익산 I.C 방향에 교통량이 집중하는 특성을 가지고 있으나 함열에서 익산 I.C 방향으로의 접근이 현재 21번 국도에만 의존하는 열악한 도로체계를 가지고 있는 실정이다. 따라서 새로운 교통정책의 도입을 통해 교통소통을 원활히 할 필요성이 있는 시점으로 본 연구 목적에 적합한 연구대상지라고 볼 수 있다.



〈그림 2〉 교통정보 제공 위치

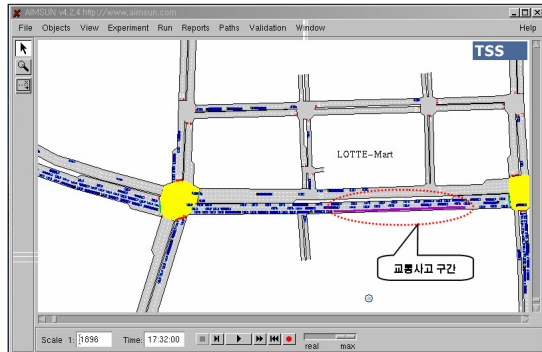
이에 본 연구에서는 전주, 군산, 김제에서 접근하는 21번 국도로 접근하는 외부 통행량을 분산시켜 도로의 효율성을 극대화 시킬 수 있는 교통정보 제공과 우회도로 신설 그리고 에너지 절약운동의 일환으로 정부 주도하에 관광사에서 추진 중인 요일제를 도입 가능한 교통정책으로 가정하였다.



〈그림 3〉 우회도로 신설 구간

교통정책 대안중 교통정보 제공은 〈그림 2〉와 같이 원광대학교 사거리에서 2개의 가변정보판을 설치·운영

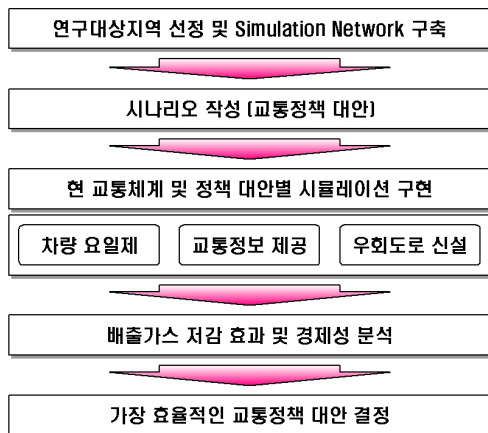
하는 것으로 설정하였으며, 우회도로 신설은 <그림 3>과 같이 원광대학교를 우회하여 함열에서 새한주유소(2km)를 연결하는 노선으로 설정하였다. 또한 차량 요일제를 도입할 경우에는 영업용 자동차를 제외한 전체 자가용 차량의 20%가 운행을 하지 못함으로 전체 통행량의 80%를 적용하였다.



<그림 4> 교통사고구간 설정

그리고 교통정보 제공, 우회도로 신설, 차량 요일제의 교통정책 도입시 자동차 배출가스량을 측정하고 교통정책 대안별로 비교·분석을 실시하여 배출가스 저감 효과를 파악하였다.

먼저 유고지역은 <그림 4>와 같이 도로상 40m를 교통사고 구간으로 설정하고 교통사고 처리 시간을 고려하여 40분 동안 지속되는 상황으로 가정하고 각 대안별로 배출 가스량을 산출하였으며, 연구 흐름은 <그림 5>과 같다.

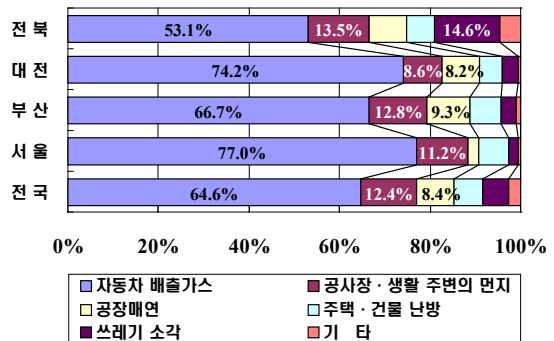


<그림 5> 연구 흐름도

III. 미시적 시뮬레이션 분석

1. 지역별 대기오염 발생원 현황

자동차 배출가스가 대기오염에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 2005년 통계청 자료를 근거로 지역별 대기오염 발생원을 살펴본 결과 <그림 6>과 같이 나타났다.



<그림 6> 지역별 대기오염 발생원 분포(통계청, 2005)

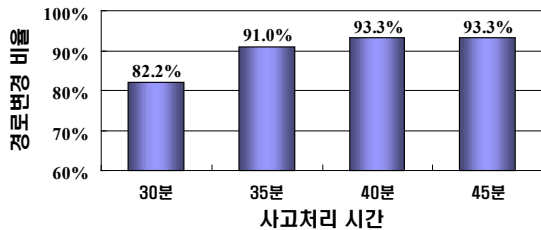
그 결과 서울(77.0%), 대전(74.2%), 부산(66.7%), 전북(53.1%) 순으로 배출가스 오염원이 높은 것으로 나타났으며, 그 다음으로 공장매연, 주택 건물의 난방, 공장 주변 생활먼지, 쓰레기 소각 순으로 나타났다.

또한 전국 평균치를 기준으로 대도시는 더 높게 나타났고 전북지역의 경우에는 약간 낮은 것으로 나타났다. 이는 대도시일수록 인구집중 현상이 뚜렷하기 때문에 자동차 수요가 급증하고 교통혼잡 및 정체와 같은 교통문제가 수반되어 자동차 배출 가스량을 증가시키기 때문이라고 판단된다.

2. 교통정보에 따른 경로변경 Action값 추정

도심지에서의 교통정보는 도심으로 유입되는 교통류에 도심지내 유고상황 정보를 제공함으로써 도심 진입시 운전자들이 목적지까지의 대안경로를 중에서 교통정보에 의한 유고상황 등을 고려하여 경로를 변경할 수 있는 기회를 제공한다. 따라서 도심지에서의 지체나 정체를 사전에 방지할 수 있고 차량을 우회시킴으로써 도심지 전체의 교통 흐름을 원활히 하는 효과를 가져 올 수 있다. 미시적 시뮬레이션에서 사용자는 도로를 주행하는 운전

자가 교통정보를 인지할 수 있도록 “Action 값”을 입력하여야 하며, Action 값은 교통정보에 대해 운전자가 반응하는 수준을 의미하는 계수이다.



〈그림 7〉 교통사고 처리시간별 경로변경 선호 비율

본 연구에서는 교통정보의 Action 값을 현실적인 수준으로 입력하기 위하여 연구대상지(익산시) 응답자들이 인지하는 가변정보판에 대한 신뢰도와 사고처리를 위한 시간을 곱하여 Action 값을 산정하기로 한다. 경로선택 안내를 위해 필요한 사항은 신뢰성, 적절성, 정확성 등으로 구성되며, 이들 중 정보 신뢰도가 경로선택 안내를 결정적으로 고려(Bonsall.P.W .1992)되는 것을 볼 수 있었다.

먼저 교통정보를 전달하는 매체마다 지역별 정서에 따라 신뢰도가 달라질 수 있고 반응하는 정도가 다르기 때문에 신뢰도가 경로변경에 미치는 영향이 매우 크다고 볼 수 있다. 따라서 교통정보 제공 매체에 대한 신뢰도는 경로변경에 대한 가중치와 동일한 의미를 가진다고 볼 수 있다.

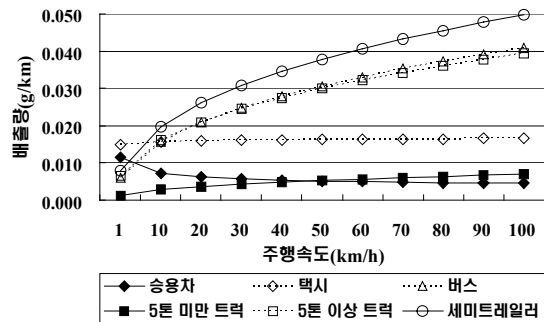
익산시 도로 이용자들이 느끼는 가변정보판의 신뢰도를 파악하기 위하여 신뢰도 100%를 기준으로 하여 설문 조사를 실시하였으며, 그 결과 응답자들은 평균적으로 77.5%의 신뢰도를 가지는 것으로 나타났다. 응답자들이 가변정보판 신뢰도 척도에 대한 신뢰도 분석을 실시한 결과 Alpha 계수가 0.88로 높은 신뢰도를 가지는 것으로 분석되었다. 또한 선행연구에서는 교통정보의 신뢰도가 70%로 나타나 본 논문과 비슷함을 볼 수 있다.

그리고 교통사고 발생시 사고처리 시간은 교통정보 제공에 있어 매우 중요한 요인이며, 교통정체 유발시간이라고도 볼 수 있다. 이에 교통사고 처리시간을 30분~45분까지로 설정하고 응답자들의 경로변경 의사를 조사한 결과, 〈그림 7〉에서 보는 것과 같이 30분~40분까지는 증가하다가 40분부터는 증가하지 않고 있어 교통정보에 따라 경로를 변경하지 않는 고정층이 6.7% 정도임을 알 수 있었다.

따라서 교통사고 처리시간(40분)이 유고상황 지속시간이라고 볼 수 있으므로 40분에 대한 경로변경 선호 비율 93.3%와 신뢰도 77.5%를 곱하므로써 가중치(Action 값)을 72.30%로 설정하였다.

3. 차종별 배출 가스량 산정

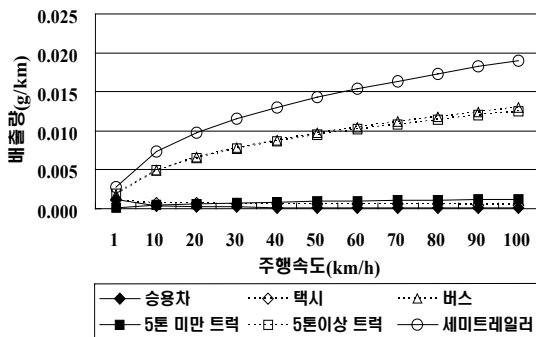
미시적 시뮬레이션에서는 차량 형태에 따른 배출가스를 차량의 가속, 등가속, 감속, 공회전시 배출 가스량 및 속도에 따라 사용자가 입력할 수 있도록 되어 있다. 그리고 배출 가스량은 자동차의 사용 연료에 따라 가솔린, LPG, 경유 3종류로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 차량 형태를 소형자동차(자가용, 택시), 5톤 미만 트럭, 5톤 이상 트럭, 버스, 세미 트레일러 6종으로 구분하여 배출 가스량을 산정하였다. 차량 형태별 특성 자료값은 국립환경과학원 교통환경연구소(2006) 연구결과를 이용하였다.



〈그림 8〉 차종에 따른 속도별 CO 배출량(국립환경과학원 교통환경연구소, 2006)

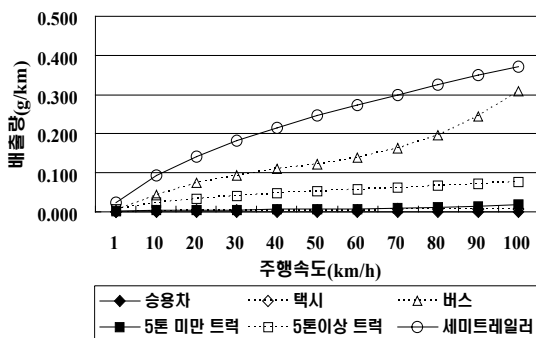
본 연구에서는 자동차 배출가스 오염원 중에서도 CO, HC, NOx에 대하여 분석을 실시한다.

먼저 〈그림 8〉과 같이 차종에 따른 속도별에 따른 CO량을 보면 승용차는 주행속도가 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 있고 다른 차량들에 비하여 낮게 배출되는 것으로 나타났다. 특히, LPG를 사용하는 택시는 주행속도의 변화에 따른 CO량에 변화가 거의 없었으며, 버스, 5톤 이상 트럭과 세미 트레일러는 주행속도가 증가할수록 CO량의 증가가 높게 나타나고 있었다. 이는 자동차 사용 연료가 CO량에 많은 영향을 미치고 있기 때문이라고 볼 수 있으며, 자동차 배출가스에 따른 대기오염을 저감시키기 위해서는 경유를 이용하는 디젤 차량들에 대한 관리가 필요함을 간접적으로 나타낸다고 볼 수 있다.



〈그림 9〉 차종에 따른 속도별 HC 배출량(국립환경 과학원 교통환경연구소, 2006)

그리고 차종에 따른 속도별 HC량에서도 버스와 세미 트레일러는 주행속도가 증가할수록 HC 배출량이 증가하고 있었으며, 5톤 이상 트럭의 배출량이 다소 낮은 것을 알 수 있었다. 참조(그림 9)



〈그림 10〉 차종에 따른 속도별 NOx변화(국립환경 과학원 교통환경연구소, 2006)

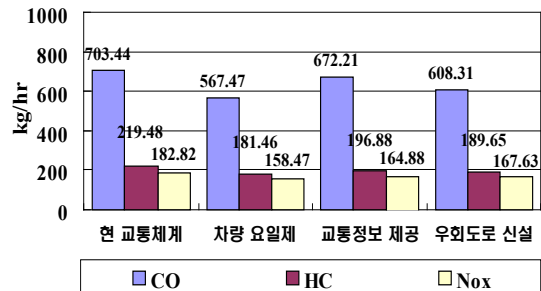
〈그림 10〉은 주행속도에 따른 NOx 배출량을 나타낸 것으로 CO와 동일하게 버스, 5톤 이상 트럭과 세미 트레일러가 주행속도 증가에 따라 NOx 배출량이 크게 증가하고 있었으며, 그 외 차종에서는 매우 낮은 것으로 나타났다. 그리고 버스는 40km/h까지 증가하다가 40km/h~60km/h 구간에서는 변화량이 적어졌다가 60km/h 이상에서 다시 급하게 증가하고 있음을 볼 수 있었다.

4. 교통정책 대안별 배출 가스량 산정

본 절에서는 유고상황 하에서 자동차 배출 가스량을 추정하기 위하여 차량 요일제, 교통정보 제공, 우회도로

신설의 교통정책 대안별로 미시적 시뮬레이션을 이용하여 차량 주행속도를 측정하여 배출 가스량의 총량을 산정하였다.

〈그림 11〉은 미시적 시뮬레이션 결과에 따른 배출가스의 총량을 현재 교통체계 하에서 측정된 배출가스 총량과 교통정책 대안별 배출가스 총량을 비교하여 제시한 것이다.



〈그림 11〉 교통정책 대안별 자동차 배출 가스량

교통정책 대안별 배출가스의 총량 중 CO량은 현재의 교통체계 하에서는 703.44kg/hr이지만 차량 요일제에서는 135.97kg/hr(19.3%), 교통정보 제공시에는 31.23kg/hr(4.4%), 우회도로 신설시는 95.13kg/hr(13.05%)로 각각 감소하는 것으로 나타났다. HC량은 현재의 교통체계 하에서는 219.481kg/hr이지만 차량 요일제에서는 38.02kg/hr(17.3%), 교통정보 제공시에는 22.60kg/hr(10.3%), 우회도로 신설시에는 189.65kg/hr(13.6%)로 각각 감소하였다. 그리고 NOx량은 현재의 교통체계 하에서는 182.82kg/hr이지만 차량 요일제에서는 24.35kg/hr(12.3%), 교통정보 제공시에는 7.94kg/hr(4.3%), 우회도로 신설시에는 13.95kg/hr(8.3%)로 각각 감소하였다. 따라서 교통정책 대안별 자동차 배출 가스량 저감 순위는 CO, HC, NOx 모두 차량 요일제, 우회도로 신설, 교통정보 제공 순으로 나타났다.

또한 현재 교통체계와 교통정책 대안별 자동차 배출 가스 감소량 차이를 검정하기 위하여 교통정책 도입 전·후의 쌍체 t-검정을 실시하였다. 그 결과, 〈표 1〉과 같이 우회도로 신설시 NOx를 제외한 모든 배출가스가 현재 교통체계에서 보다 감소하는 것으로 나타나 교통정책 대안이 대기오염 저감 효과가 있음을 간접적으로 확인할 수 있었다.

〈표 1〉 대안별 배출가스 감소량 통계검정 결과

	CO		HC		NOx	
	t-값	p-value	t-값	p-value	t-값	p-value
차량 요일제	3.186	0.012	2.944	0.016	2.380	0.032
교통정보 제공	3.086	0.014	2.715	0.021	2.650	0.023
우회도로 신설	3.098	0.013	3.388	0.010	0.907	0.203

IV. 경제성 분석

자동차 배출가스 저감 효과는 대기오염 처리비용을 절감시키는 효과로 나타낼 수 있으므로 교통정책 대안별 배출 가스량 총량을 이용하여 처리비용을 계산하였다. 교통정책 대안별 1일 배출가스 저감량은 미시적 시뮬레이션을 통해 추정된 자동차 배출가스 총량을 기준으로 1시간 배출량을 산정하여 계산하였다. 그 결과, 〈표 2〉에 보는 것과 같이 차량 요일제가 2,380.08kg/d로 가장 저감이 많이 되고 우회도로 신설과 교통정보 제공 순으로 저감량이 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

〈표 2〉 1일 자동차 배출가스 감소량

구분	배출가스 감소량
차량 요일제	1시간 배출량
	$135.97+38.02+24.35 = 198.34\text{kg/hr}$
	1일 배출량 $198.34 \times 12 = 2,380.08\text{kg/d}$
교통정보 제공	1시간 배출량
	$31.23+22.60+7.94 = 61.77\text{kg/hr}$
	1일 배출량 $61.77 \times 12 = 741.24\text{kg/d}$
우회도로 신설	1시간 배출량
	$83.73+26.55+13.9 = 124.23\text{kg/hr}$
	1일 배출량 $124.23 \times 12 = 1,490.70\text{kg/d}$

대기오염 처리비용은 건설교통부 공공교통시설 개발 사업에 대한 투자평가지침(2004)에서 제시된 지방도 지역의 처리비용 원단위를 적용하여 교통정책 대안별 처리비용을 산정하였다. 참조〈표 3〉

투자비는 교통정책 대안별 사업비로 본 연구에서는 별도의 사업비를 추정하기 어렵기 때문에 기존 가변정보판 설치비용과 국도의 평균 건설비용을 이용하여 사업비를 추정하였다.

〈표 3〉 대기오염 배출량의 처리비용(백만원/ton)

구분	도시지역	지방도지역	비고
처리비용	5.8	2.0	(가정)
적용 원단위	3.3		도시지역 1/3 지방지역 2/3

주 : 공공교통시설 개발사업에 관한 투자평가지침(건설교통부, 2004)

먼저 각 대안별 사업비 중 차량 요일제는 에너지 절감 및 승용차 억제에 의해 추진되는 정책이므로 별도의 비용이 필요 없다. 교통정보 제공에 대한 사업비는 정보 제공 매체의 시설 투자비로 본 연구에서는 2개의 가변정보판을 통한 교통정보를 제공함으로 가변정보판 1개를 7.5억으로 하여 15억원의 건설비용이 소요되는 것으로 가정하였다. 또한 우회도로 신설에 대해서는 지방도 1km 건설비를 150억원으로 하여 1.9km의 우회도로 건설에 300억원이 소요되는 것으로 가정하였다.

경제성 분석 방법으로는 평가방법 자체가 간편하고 단순하여 이해가 쉬우며, 회수기간이 투자안의 위험도 지표로 사용될 수 회수기간법을 이용하였다. 여기서, 회수기간은 투자자금이 해당 투자로 인하여 발생하는 현금 유입에 의한 전액 회수되는데 소요되는 기간을 의미하며, 평가방법은 사전적으로 허용 가능한 목표 회수기간을 설정하고 그 기간보다 짧은 회수기간을 갖는 투자안을 채택하는 것이다.

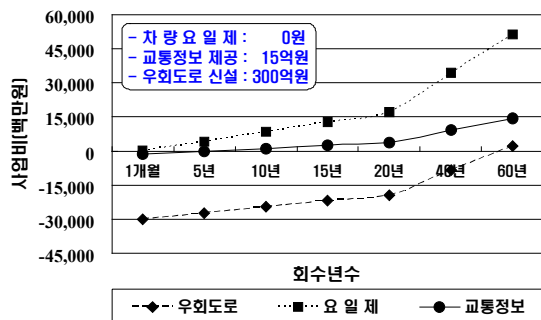
〈그림 12〉는 차량 요일제, 교통정보 제공, 우회도로 신설에 대한 사업비를 자동차 배출가스 저감량 즉, 처리비용의 이익으로 회수하는데 소요되는 기간을 산정하여 손익분기점을 추정한 것이다.

그 결과, 교통정책 대안 중 차량 요일제는 국가에서 정책 도입을 통해 자동차 수요를 억제함으로써 교통의 흐름을 원활히 함과 동시에 배출가스를 저감시킴으로 사업비 없이 배출가스를 저감시키는 방법이다. 그리고 교통정보 제공의 경우 가변정보판 설치 비용인 15억을 회수하는데 걸리는 기간은 6년으로 분석되었고 우회도로 신설의 경우에는 배출가스 처리비용으로 300억원의 건설비를 회수하는데 걸리는 기간은 56년으로 분석되었다. 여기서, 56년은 교통시설에 의한 전체 편익 중 순수 배출가스 처리비용에 의한 편익으로 산정한 회수기간이다.

경제성 분석 결과 가장 효과적인 방법은 차량 요일제, 교통정보 제공, 우회도로 신설인 것으로 나타났다. 하지만 차량 요일제의 경우 시민들의 공감대 형성되지 않을 경우 도입하기 어려운 점을 감안하면, 시설투자에 의한 방법 중에서는 가변정보판에 의해 교통정보를 제공하는

방법의 효과가 높은 것으로 나타났다. 또한 차량 요일제는 다른 대안과 병행해서 도입할 수 있기 때문에 다양한 홍보를 통해 시민들의 공감대를 형성 도입하면 더욱 더 효과적일 것이라고 판단된다.

그리고 각 교통정책 대안에 대한 배출가스량을 표준화 하기위하여 차량 1대당 배출가스량을 추정해 본 결과 우회도로 0.063kg/hr, 요일제 0.064kg/hr, 교통정보 0.067kg/hr, 현안 0.070kg/hr로 나타나 우회도로신설이 효과가 높음을 볼 수 있다. 이와같이 단기계획으로는 교통정보를 제공하여 교통소통을 원활히 함과 동시에 배출가스를 최소화 시킬수 있으며, 장기계획 사업으로는 우회도로신설을 통한 장래교통을 예측하여 쾌적한 도로환경을 구축해야 할 것으로 판단된다. 차량 요일제, 우회도로신설, 교통정보는 대안간 병행하여 도입할 수 있으므로 하나의 정책보다는 같이 정책을 결정하는 것이 더욱 효과적일 것이라 판단된다.



〈그림 12〉 손익 경제성 분석

IV. 결론

본 연구에서는 미시적 시뮬레이션을 이용하여 자동차 배출가스 저감 효과를 파악하고 경제성 분석을 통해 도심지에서 대기오염을 최소화 하면서 차량 소통을 원활히 할 수 있는 교통정책이 무엇인지를 파악하였다.

미시적 시뮬레이션을 통해 자동차 배출가스 총량을 분석한 결과에서는 교통정책 대안별 자동차 배출 가스량 저감 순위는 CO, HC, NOx 모두 차량 요일제, 우회도로 신설, 교통정보 제공 순으로 나타났다.

그리고 자동차 배출가스 저감에 따른 편익을 통한 사업비의 회수기간을 이용한 경제성 분석에서는 차량 요일제, 교통정보 제공, 우회도로 신설인 것으로 나타나 차량

요일제가 투자비용이 없어 가장 효과적인 방법인 것으로 나타났다. 그러나 시민들에게 강제성을 부여함으로써 자동차 수요를 억제시키기 때문에 시민들과의 공감대 형성이 무엇보다 중요하며, 다른 대안들과 병행하여 추진할 경우 효과가 가중될 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 현재 여건에서는 장기적으로 우회도로 건설을 추진하면서 가변정보판 설치를 통해 교통정체 및 혼잡을 다소 완화할 수 있음을 확인할 수 있었다.

향후 연구과제는 선호의식 조사를 통해 시민들이 생각하는 자동차 배출가스의 대기오염 영향을 조사하고 본 연구 결과를 통해 나타난 차량 요일제 도입시 참여 의사를 조사하여 실제 교통정책 도입 가능성 등을 파악한다. 또한 교통정책별 효율적인 교통정책을 시행하기위하여 도로용량 및 밀도의 범위를 규정하여 유사지역에서 결과를 효과적으로 활용할 수 있도록 지속적인 연구가 진행되어야겠다.

참고문헌

1. 이영인(2004), "실시간 검지정보를 이용한 대기오염 모니터링 시스템 개발", 2003년 지능형교통체계 연구개발사업 제1차년도 최종보고서, 건설교통부·교통개발연구원.
2. 장영기·김동영·조규탁(1995), "면 및 이동오염원 대기오염배출량 산정 지침에 관한 연구", 환경부.
3. 조강래·엄윤도·김종훈 등(1993), "자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산출에 관한 연구", 한국대기환경학회지, Vol.9.
4. 조중래(2002), "수도권 자동차 대기오염물질 배출량 추정 및 대기오염 저감정책 방안 연구", 경기개발연구원.
5. 국립환경과학원(2006), "차종별 오염물질 배출계수 산출식".
6. 홍창의·황상호·안호혁·김윤지(1995), "교차로 교통혼잡이 자동차 배출 가스량에 미치는 영향", 도로교통안전협회, 연구보고서.
7. Barth, M. F. An, J. Norber, M. Ross(1996), "Modal Emissions : A Physical Approach", Transportation Research Record 648, pp.74~76.

- 8. Hung, W. T. et al(2000), "Review of vehicle emissions and fuel consumption modelling approaches at signalized and road network", Proceedings of the 5th Meeting of Hong Kong society for Transportation studies, 2, pp.234~239.
- 9. Robert Joumard, Peter Jost, John Hickman, Dieter Hased(1995), "Hot Passenger Car Emissions Modeling As a Function of Instantaneous Speed and Acceleration", The Science of the Total Environment 169, pp.167~174.
- 10. Samaras P., Almbauer R., Study C., Pucher K.(1997), "Application of Computational Methods for then Determination of Traffic Emissions", Journal of the Air & Waste Management Association Vol.47, pp.1204~1210.
- 11. Bonsall, P. W.(1992), "The Influence of Route Guidance Advance on Route Choice in Urban Networks", Transportation. Vol. 19. No.1

- ✉ 주 작성자 : 서임기
- ✉ 교신저자 : 이병주
- ✉ 논문투고일 : 2007. 5. 18
- ✉ 논문심사일 : 2007. 7. 17 (1차)
2007. 9. 18 (2차)
- ✉ 심사판정일 : 2007. 9. 18
- ✉ 반론접수기한 : 2008. 4. 30