

자동차 배출가스 저감 교통정책에 관한 연구

Transportation Policy for Decreasing of Exhaust Gas based

서 임 기 · 황성민 · 이 병 주 · 남궁 문

(원광대학교 대학원 토목환경공학과, 석사과정, sik79@wonkwang.ac.kr)

(원광대학교 대학원 토목환경공학과, 박사과정, hsmkortic@hanmail.net)

(전라북도청 건설물류국 교통정책과, 교통전문위원, lbj3891@hanmail.net)

(원광대학교 토목환경도시공학부, 교수, ngmoon@wonkwang.ac.kr)

목 차

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| I. 서론 | 3. 자동차 배출가스 저감 교통정책의 우선순위 |
| 1. 연구배경 및 목적 | |
| 2. 연구범위 및 방법 | III. 미시적 시뮬레이션 분석 |
| II. 자동차 배출가스 저감 교통정책의 계층화분석 | 1. 네트워크 구축 |
| 1. 조사개요 및 기초분석 | 2. 배출가스 산정 |
| 2. 자동차 배출가스 저감정책 대안설정 | 3. 배출가스량 추정 |
| | IV. 결론 |

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

고도의 산업화와 경제발전으로 삶이 윤택해지면서 생활수준의 질이 향상되었다. 또한 삶의 질이 향상될수록 더 나은 환경속에서 삶을 유지하려는 요구가 증가하고 있다. 따라서 정부에서는 보다 나은 삶을 추구하기 위하여 편리성 뿐만 아니라 쾌적한 환경을 개선하려는 노력을 경주하고 있다. 그 중 하나가 자동차로 인한 배출가스이며, 자동차가 배출하는 오염물질로 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 분진 등으로 알려져 있다. 자동차는 이동수단으로써 인간에게 많은 편리성을 제공하지만 배출가스로 인한 인간의 건강에 악영향을 미치고 있다. 자동차로 인한 대기오염중 차지하는 비율은 전국 64.6%, 서울 77.0%, 대전 74.2%, 전북 53.1%로 다른 대기오염원에 비해 가장 높게 나타나고 있으며, 대도시로 일수록 심각성은 더욱 높아지고 있는

실정이다.

특히, 교통정체로 인한 통행시간의 증가는 배출가스의 증가를 유발하는 주요요인이라고 볼 수 있다. 현재까지 교통정책의 도입으로 인한 자동차 배출가스 저감에 따른 대기오염의 개선에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 자동차 배출가스를 저감 시키는데 교통정책 대안에 따른 효과를 파악함으로써 자동차로 인한 대기오염을 줄이고 교통소통을 원활히 할 수 있는 효과적인 교통정책의 방향을 모색하고자 한다. 또한 교통정책 대안별 도로이용자가 인지하는 자동차 배출가스 저감 효과를 분석함으로써 미시적 시뮬레이션을 이용한 교통정책에 대한 배출가스분석 결과와 차이가 있는지를 파악하였다.

2. 연구범위 및 방법

자동차 배출가스 저감을 위하여 응답자들이 선호하는 정책대안과 미시적 시뮬레이션을 이

용한 배출가스 저감효과에 대하여 비교분석을 실시하였다. 먼저, AHP(Analytic Hierarchy Process)분석을 위한 조사항목을 결정하기 위하여 예비조사를 실시하고 그 결과를 바탕으로 본 설문조사 항목을 설정하였다. 조사항목은 크게 교통정책조건, 교통운영조건, 도로개발조건을 최종 목표로 설정하고 교통정책조건에서는 차량요일제, 환경부담금, 대중교통활성화, 교통운영조건에서는 교통정보제공, 불법주차단속, 신신호체계, 도로개발조건에서는 우회도로신설, 기존도로확장, 교차로 입체화를 평가기준으로 설정하여 조사표를 작성하였다. 그리고 자동차 배출가스 저감을 위한 교통정책의 우선순위를 결정하기 위하여 AHP(Analytic Hierarchy Process)분석기법을 이용하여 분석하였다. 또한 미시적 시뮬레이션을 통한 자동차 배출가스 저감효과를 파악하기 위하여 AHP조사항목 중 교통운영 교통정책, 도로개발 측면의 세부요인인 교통정보, 요일제, 우회도로신설을 가정하여 도로네트워크를 구축한 후 GETRAM 4.3을 이용하여 배출가스량을 추정하였다.

II. 자동차 배출가스 저감 교통정책의 계층화 분석

1. 조사개요 및 기초분석

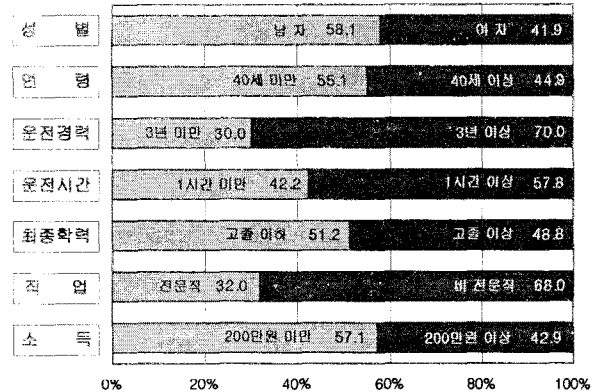
자동차 배출가스 저감을 위한 교통정책에 대한 연구를 수행하기 위하여 익산, 전주, 대전지역에서 교육된 면접원에 의해 대인면접조사를 실시하였다.

<표 1> 설문개요

| 구분 | 내용 |
|------|--|
| 일시 | 2006년 6월 26일~30일 |
| 조사방법 | 조사원 면접조사(300부) |
| 조사항목 | 자동차 매연이 차지하는 비율, 자동차 저감장치 설치 저감정도, 식재를 이용한 저감정도, 정보를 이용한 저감정도, 배출가스 저감에 대한 AHP항목 등 |
| 개인속성 | 성별, 연령, 운전경력, 하루 평균 운전시간, 최종학력, 직업, 소득 |

조사는 2006년 6월에 실시하였고 응답 대상자는 운전경력이 있는 20대, 30대, 40대, 50대 이상으로 분류하였으며, 구체적인 설문내용은 <표 1>에 제시하였다.

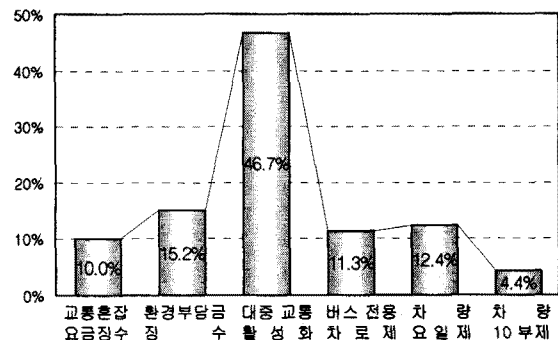
조사데이터에 대한 성별, 연령, 운전경력, 개인소득, 직업, 하루 평균 운전시간에 대한 분석 결과는 <그림 1>에 나타내었다.



<그림 1> 응답자 속성별 구성비

2. 자동차 배출가스 저감 정책

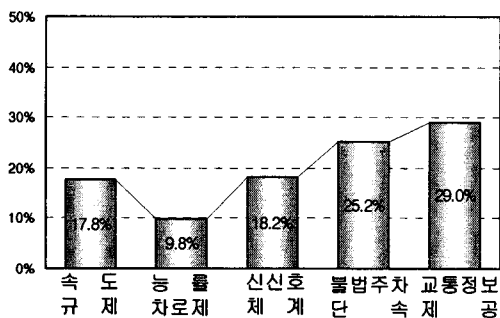
자동차 배출가스를 저감시킬 수 있는 교통정책으로는 교통운영, 교통정책, 도로개발등 세 가지로 구분할 수 있다. 따라서 자동차 배출가스 저감을 위한 정책결정 모델을 만들기 위해서는 AHP이론에 따라 요인들을 유사한 속성끼리 군집화하여 계층화 구조화 할 필요가 있다. 이를 위하여 자동차 배출가스저감에 대한 정책결정에 앞서 교통운영, 교통정책, 도로개발을 최종 목표로 하는 대안 설정을 위하여 일반 시민을 대상으로 예비 설문조사를 실시하였다.



<그림 2> 교통정책조건 대안순위

먼저 교통정책조건 대안으로 교통혼잡요금 징수는 교통량이 많은 시가지 및 주요간선도로에 통행료를 부과하여 교통량을 감소시켜 교통흐름을 원활히 함으로써 배출가스를 저감시키는 방법이며, 환경부담금 징수는 자동차를 소유하고 있는 운전자에게 환경부담금을 징수하여 대기오염을 정화시키는 방법이다. 또한 대중교통활성화는 도로상의 교통량을 줄여 교통흐름을 원활히하는 방법이며, 버스전용차로제는 버스의 정시성 및 쾌적성을 높이고 승용차의 서비스 수준을 낮춤으로써 승용차 이용을 억제하는 방법이다. 아울러 승용차 요일제는 평일 중 하루를 선택하여 승용차를 스스로 운행하지 않도록 하는 에너지 절약운동으로서, 주말에만 여과활동을 위해 모든 차량에 대해서 주행을 허용해주는 방법으로 출·퇴근시 승용차 이용을 80%로 낮추기 위한 방법이다. 마지막으로 차량 10부제는 10일을 기준으로 끝번호가 같은 날 차량운행을 금지하여 승용차운행을 낮추는 방법이다.

그 결과 <그림 2>와 같이 교통정책 대안에 대한 요인선호는 1순위 대중교통활성화(46.7%), 2순위 환경부담금 징수(15.2%), 3순위 차량요일제(12.4%)로 나타났다. 특히, 대중교통활성화에 대한 요인이 가장 높게 나타났으며 쌍대응비교를 위한 요인결정으로 3순위까지 결정하였다.

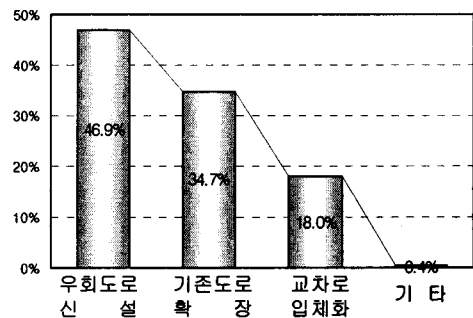


<그림 3> 교통운영조건 대안순위

교통운영조건은 속도규제, 능률차로제, 신신호체계, 불법주차단속, 교통정보제공으로 분류하였다. 속도규제는 자동차 흐름을 저해하는 속도규제 지역을 해결하여 배출가스량을 감소시키는 방법이며, 능률차로제는 가운데 차선을 때에 따라 양방향 운행이 가능하도록 전환하는 방법이다. 신신호체계는 교차로내 교통흐름을

완화하기 위해 최적신호로 운영하는 것이며, 불법주차단속은 도로상의 불법주차를 단속함으로써 도로 효율성을 극대화 시키는 방법이다. 교통정보제공은 도로상의 정보를 교통방송 및 도로상의 가변정보판을 이용하여 교통정보를 제공함으로써 자동차 분배를 통한 교통흐름을 원활히 하고자 하는 방법이다.

교통운영조건에 대하여 자동차 배출가스를 저감시킬 수 있는 요인을 <그림 3>에 나타내었다. 그 결과 1순위 교통정보제공(29.0%), 2순위 불법주차단속(25.2%), 3순위 신신호체계(18.1%)로 나타나 이를 쌍대응비교를 위한 요인으로 나타났다.



<그림 4> 도로개발조건 우선순위

도로개발조건에 대한 요인으로는 우회도로신설, 기존도로 확장, 교차로 입체화를 요인으로 분석하였다. 우회도로신설은 교통량을 분배하고 흐름을 원활히 함으로써 배출가스를 감소시키는 방법이다. 기존도로 확장은 현행도로 확장을 통해 기존 도로 용량을 증대시킴으로써 지정체 해소 및 배출가스를 감소시키는 방법이다. 교차로 입체화는 교통신호로 인한 지정체 시간 감소로 주행속도 향상 및 교통흐름을 원활히 함으로써 배출가스량을 감소시키는 방법으로 판단하였다.

도로개발조건을 분석한 결과 <그림 4>에 도시된 바와같이 1순위 우회도로신설(46.94%), 2순위 기존도로확장(34.69%), 3순위 교차로입체화(18.03%)를 요인으로 결정하였다.

자동차 배출가스 저감을 위하여 교통흐름 및 지정체에 영향을 미치는 요인으로 교통정책, 교통운영, 도로개발에 대한 세부항목을 예비설문에서 조사된 3순위까지 선정하여 본 설문에서 9점 척도로 설문을 실시하였다.

3. 자동차 배출가스 저감 교통정책의 우선순위

본 연구에서는 자동차 흐름을 원활히 하여 자동차 배출가스를 저감시키기 위하여 교통운영, 교통정책, 도로개발을 목표로 설정하여 도로이용자들의 인식에 바탕한 자동차 배출가스 저감 교통정책의 저감교통 우선순위를 결정하는데 목적이 있다. 그리고 상대적 중요도는 극단값의 영향을 줄이고 이원비교행렬의 역수조건을 만족시키기 위하여 기하평균으로 우선순위를 나타내었다.

<표 2> 자동차 배출가스 저감요인별 가중치 계산결과

| 목표 | 평가기준 |
|-------------------|---------------------|
| 교통운영 0.330 (2) | 교통정보 : 0.108 (5) |
| | 불법주차단속 : 0.161 (2) |
| | 신신호체계 : 0.061 (8) |
| 비일관성비율 | 0.02 |
| 교통정책 0.207 (3) | 차량요일제 : 0.078 (7) |
| | 환경부담금 : 0.035 (9) |
| | 대중교통활성화 : 0.094 (6) |
| 비일관성비율 | 0.04 |
| 도로개발 0.463 (1) | 우회도로신설 : 0.218 (1) |
| | 기존도로확장 : 0.119 (4) |
| | 교차로입체화 : 0.129 (3) |
| 비일관성비율 | 0.00 |

주 : 괄호 안의 숫자는 우선순위임.

<표 2>는 자동차 배출가스 저감을 위한 우선순위를 분석한 것으로 도로개발(0.463), 교통운영(0.326), 교통정책(0.207) 순으로 나타났으며, 계층구조 전반에 대한 비일관성 지수(Overall Inconsistency)는 0.06으로 0.1보다 적게 나타나 이상적으로 일관된 상태라고 볼 수 있다. 그리고 배출가스 저감 우선순위를 전체적으로 살펴보면 우회도로신설 0.218로 가장 높게 평가되었으며, 2순위 불법주차단속(0.161), 3순위 교차로입체화(0.129), 4순위 기존도로확장(0.119), 5순위 교통정보(0.108), 6순위 신신호체계 (0.061),

7순위 차량요일제, 8순위 신신호체계, 9순위 환경부담금으로 나타났다. 따라서 응답자들이 생각하는 자동차 배출가스 저감 정책에 대한 우선순위는 대체적으로 도로개발이 자동차 배출가스 저감에 효과가 큰 것으로 나타났다. 그리고 교통정책 대안에서 교통운영에서는 불법주차단속이 우선순위로 나타났으나 시뮬레이션 적용이 용의하지 않아 교통정보를 선택하였으며, 교통정책에서는 차량요일제, 도로개발에서는 우회도로신설을 가정하여 현실을 재현할 수 있는 미시적 시뮬레이션을 이용하여 응답자들이 생각하는 우선순위와 비교하였다.

III. 미시적 시뮬레이션 분석

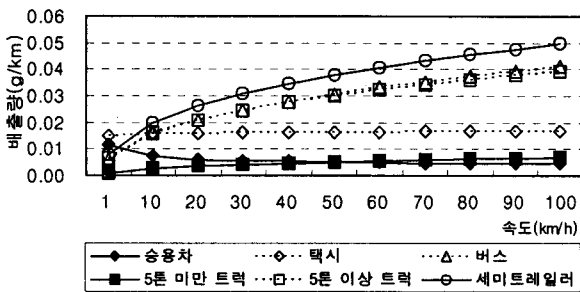
1. 네트워크 구축

본 연구의 시뮬레이션 적용 대상지역인 익산시는 호남고속도로와 서해안고속도로에 인접해 있으며, 2007년 호남고속철도 정차 역으로 확정됨으로써 호남의 교통 요충지로 거듭나고 있다. 또한 새로운 도심지 형성과 상업지구의 발달로 인한 교통정체를 야기시키고 있어 새로운 교통시스템의 도입 및 개선 등과 같은 교통운영시스템의 개선이 절실한 상황이다. 시뮬레이션에 적용된 익산시는 13개의 동(洞)과 14개의 면(面), 1개 읍(邑)으로 구성되어 있다. 이 중에서 시뮬레이션에 포함되는 지역은 그림 4.2와 같이 익산시의 주요 도심지인 13개동을 포함한다. 시뮬레이션 네트워크의 구축은 주요 도심지의 상습정체구간인 주요 간선도로 역할을 하는 김제에서 익산IC까지의 산업도로와 원광대학교에서 고속버스터미널에 이르는 남북로, 신동삼거리에서 인화사거리까지의 인북로, 그리고 1공단과 2공단을 연결하는 공단대로, 익산역에서 동산오거리에서 이르는 중앙로로 총 5개의 주축으로 이루어 졌다. 미시적 시뮬레이션에서 차량의 형태는 사용자가 차량의 특성을 입력할 수 있도록 하였다. 도로설계기준에 적용하고 있는 차량의 형태는 소형자동차, 대형자동차, 세미트레일러로 구성되어 있으며, 참고로 미국의 AASHTO에서는 설계기준 자동차를 15가지로 구분하고

있다. 본 연구에서는 차량형태를 소형자동차(자가용, 택시), 5ton미만 트럭, 5ton이상 트럭, 버스, 세미트레일러 6종으로 구분하여 차량의 형태를 정의하였다.

2. 배출가스 산정

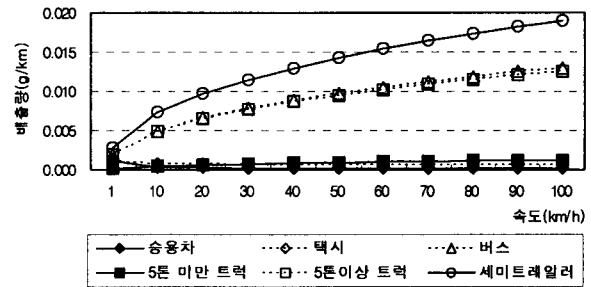
미시적 시뮬레이션에서 차량의 형태에 따라 배출가스를 차량의 가속, 등가속, 감속, 공회전 시 배출가스량 및 속도에 따라 사용자가 입력할 수 있도록 하였다. 또한, 배출가스는 자동차의 연료에 따라 가솔린, LPG, 경유 3종류로 구분할 수 있다. 본 연구에서 차량형태를 소형자동차(자가용, 택시), 5ton미만 트럭, 5ton이상 트럭, 버스, 세미트레일러 6종으로 구분하였으며 배출가스량은 국립환경과학원 교통환경연구소에 의해 산출된 식을 이용하였다.



<그림 5> 차종에 따른 속도별 CO변화

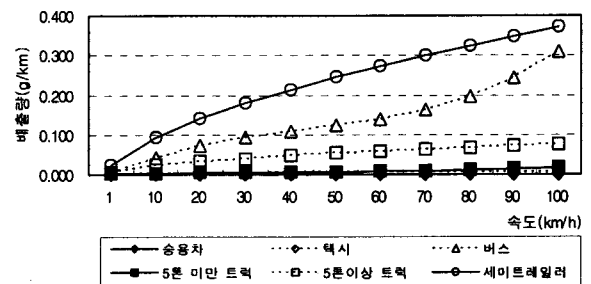
일산화탄소가 인간에게 미치는 영향을 살펴보면 무색, 무미, 무취인 일산화탄소는 헤모글로빈과 친화력이 강하여 산소와의 결합을 방해하고, 저산소증을 일으켜 두통, 현기증, 귀울림 등의 증상을 일으킨다. <그림 5>에 도시된 자동차의 속도별에 따른 CO량을 보면 승용차는 속도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, 배출가스량은 다른 차종에 비하여 낮은 것으로 나타났다. LPG를 사용하는 택시는 속도의 변화에 CO변화량은 거의 나타나지 않고 있었으며, 버스, 5톤미만 트럭, 5톤이상 트럭, 세미트레일러는 속도가 증가할수록 CO량이 증가하고 있다. 가솔린을 사용하는 차량은 속도가 증가하면 CO량은 감소하고, 경유를 연료로 사용하는 차량은 속도가 증가할수록 CO량은 증가함을 보였다. 그리고 LPG를 연료로 사용하는 차량은

속도에 상관없이 CO량은 변화가 없는 것으로 나타났다.



<그림 6> 차종에 따른 속도별 HC변화

탄화수소(HC)가 산화되어 생기는 알데히드는 눈, 점막, 피부 등을 자극하며 알데히드가 산화되어 결국 광화학 스모그의 원인이 되어 안과 질환을 일으킨다. 이런 탄화수소를 자동차가 어느정도 배출하는 것에 대하여 자동차 속도별로 계산하였다. <그림 6>와 같이 승용차와 택시는 속도가 증가할수록 배출량이 감소하였으며, 5톤 미만 트럭은 속도가 증가하면 배출량은 증가하고 있었다. 하지만 승용차와 택시, 5톤 미만 트럭은 배출되는 탄화수소량이 미미한 것으로 나타났다. 그리고 버스 및 5톤이상 트럭, 세미트레일러는 속도가 증가할수록 탄화수소량은 증가함을 보였으며 배출되는 가스량 또한 높게 나타났다.



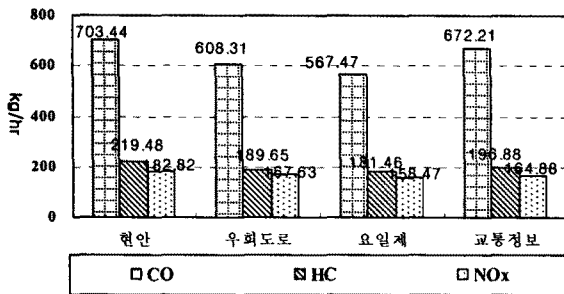
<그림 7> 차종에 따른 속도별 NOx변화

공기중의 질소가 연료의 연소와 함께 산화됨에 따라 산화질소와 이산화질소가 된다. 특히 건강에 장애를 일으키는 것은 NO₂이며, 불면, 점막의 손상에서부터 호흡기 폐포까지 도달하여, 수시간내에 호흡곤란을 수반한 폐수종 염증도 일으킬 수 있다. 이런 질소를 자동차가 어느정도 배출하는 것에 대하여 자동차 속도별로

계산하였다. <그림 7>을 분석한 결과 모든 차종에서 속도가 증가할 수록 질소량이 증가함을 보였으며, 승용차, 택시, 5톤미만 트럭에서 배출되는 질소량은 많지 않았다. 하지만 버스나 5톤 이상 트럭, 세미트레일러는 질소를 많이 배출하고 있었으며 특히 세미트레일러는 높은 수치를 나타내고 있었다. 버스의 경우 40km/h까지 급하게 증가하다가 40km/h~60km/h는 변화량이 적었으며 60km/h 이상은 다시 급하게 증가하고 있음을 볼 수 있다.

3. 배출가스량 추정

교통정책대안을 모두 반영할 수 있도록 교통사고구간을 설정하였으며, 우회도로신설 및 요일제, 교통정보 대안에 대하여 배출가스량을 산출하고 감소량을 <그림 9>에 나타내었다.



<그림 9> 교통사고시 배출가스량

그결과 배출량 총량에서 CO량은 현안 703.44kg/hr, 우회도로신설 608.31kg/hr, 요일제 567.47kg/hr, 교통정보 672.21kg/hr이며, 감소량은 우회도로신설 95.13kg/hr (13.5%), 요일제 135.97kg/hr(19.3%), 교통정보 31.23kg/hr(4.4%)이 감소하였다. HC량은 현안 219.48kg/hr, 우회도로신설 189.65kg/hr, 요일제 181.46kg/hr, 교통정보 196.88kg/hr이며, 감소량은 우회도로신설 29.83kg/hr(13.6%), 요일제 38.021kg/hr(17.3%), 교통정보 22.601kg/hrm(10.29%)이 감소하였다. 또한 NOx량은 현안 182.82kg/hr, 우회도로신설 167.63kg/hr, 요일제 158.47kg/hr, 교통정보 174.88kg/hr이며, 감소량은 우회도로신설 13.95kg/hr(8.3%), 요일제 24.35kg/hr(12.3%), 교통정보 7.94kg/hr(4.3%)이 감소하였다. 대안별 배출가스 저감 순위는 CO, HC, NOx 모두 요

일제, 우회도로신설, 교통정보 순으로 나타났다.

IV. 결론

본 연구는 연구목적에서 밝힌 바와 같이 자동차 배출가스 저감을 위한 교통정책의 우선순위를 판단할 수 있는 의사결정 모델을 설계하고, 이를 토대로 자동차 배출가스 저감을 위한 교통정책을 실증적으로 파악하기 위한 연구이다. 자동차 배출가스 저감을 위한 교통정책 대안에 대한 도로이용자들의 의식을 바탕으로 분석한 결과 도로개발조건인 우회도로신설이 가장 높게 분석되었다. 이에 교통대안을 재현할 수 있는 미시적 시뮬레이션을 이용하여 분석하였다. 교통대안으로 요일제, 우회도로신설, 교통정보에 대해서 배출가스량을 산정한 결과 요일제로 분석되었으며 이는 강제적으로 영업용 자동차를 제외한 승용차를 20%감소시킴으로 인하여 발생원을 줄임으로 인하여 발생하는 것으로 낮게 추정되었다. 그리고 계층화 분석과 미시적 시뮬레이션 분석을 비교하면 응답자들이 생각하는 배출가스 저감 교통대안에서는 도로개발에서의 우회도로로 나타나 이는 운전자의 이동성 및 편리성을 먼저 판단한 결과로 볼 수 있으며, 미시적 시뮬레이션 결과는 다른 대안보다 근본적인 원인을 억제함으로써 배출가스량을 저감시키는 요일제가 가장 효과가 큰 것으로 나타나 계층화분석과 다르게 분석되었다.

본 연구의 향후 연구과제로는 우회도로신설, 요일제, 교통정보에 대한 간접비용 및 직접비용을 제외한 배출가스 처리비용만을 고려한 회수기간법을 이용한 경제성분석을 통한 평가를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 김향자(1998) 분석적 계층과정(AHP)에 의한 관광정책 우선 순위 설정에 관한 연구, 관광학회, Vol.22, No.1, pp 367-374
- 2) 김명진(2003) 계층화 분석법(AHP)에 의한 한국의 적정 국방비 수준 결정에 관한 연구,

박사학위논문, 경희대학교 대학원

- 3) 심원섭, 류광훈(2001) AHP에 의한 관광개발 정책사업의 평가지표 우선순위 설정에 관한 연구, 관광학회, Vol. No. 13, pp 135-155
- 5) 조윤희, 이육재, 오주삼(2001) 계층화분석과정에 의한 일반국도 교통 관리시스템의 구축 우선순위 결정, 대한토목학회, Vol.21 6 Nol.1 pp 765-773
- 6) Poh, K.L.(1999) Transportation fuels and policy for singapore: an AHP planning approach, Computers & industrial engineering, Vol.37, No.3, pp507-512
- 7) 차종별 오염물질 배출계수 산출식, 교통환경연구소, 국립환경과학원, 2006.
- 8) 장영기, 김동영, 조규탁(1995), 먼 및 이동오염원 대기오염배출량 산정 지침에 관한 연구, 환경부.
- 9) 홍창의, 황상호, 안호혁, 김윤지(1995), 교차로 교통혼잡이 자동차 배출가스량에 미치는 영향, 도로교통안전협회, 연구보고서.
- 10) 이시복, "ITS를 통한 돌발적 교통정체 저감 효과 분석 : 경부고속도로를 중심으로", 대한교통학회, 제16권 2호, pp. 37~51, 1998.
- 11) 이영인(2002), 실시간 검지정보를 이용한 대기오염 모니터링 시스템 개발, 2003년 지능형교통체계 연구개발사업 제1차년도 최종보고서, 건설교통부·교통개발연구원.
- 12) Samaras P., Almbauer R., Study C., Pucher K.,(1997), Application of Computational Methods for the Determination of Traffic Emissions, journal of the Air & Waste Management Association Vol. 47, pp. 1204-1210.
- 13) 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.