소형차 배출가스 시험방법 국제 표준화를 위한 국내 주행패턴 연구

최기주¹ · 박준홍² · 이종태² · 김정수² · 이규진^{3*} · 이용주⁴

¹ 아주대학교 환경건설교통공학부, ² 국립환경과학원 교통환경연구소
³ 아주대학교 TOD기반 지속가능도시·교통 연구센터, ⁴ 아주대학교 건설교통공학과

Research on Domestic Driving Pattern for International Standardization of Light-duty Vehicles Emission Test Method

CHOI, Keechoo¹ · PARK, Junhong² · LEE, Jongtae² · KIM, Jeongsoo² ·
LEE, Kyu Jin^{3*} · YI, Yongju⁴

¹ Division of Environmental, Civil and Transportation Engineering, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea

² Transportation Pollution Research Center, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-170, Korea

³ TOD-based Sustainable City Transportation Research Center, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea

⁴ Civil and Transportation Engineering, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea

Abstract

Domestic road type-and period-specific driving pattern measurement was required as Korea's participation in developing "Worldwide harmonized light-duty vehicle emission test procedure (WLTP/DHC)" studied by UN WP29. This study measured road driving data reflecting road and traffic conditions of Korea, and analyzed seven types of representative road type-and period-specific driving patterns with driving pattern standardization methodology proposed by WP29. PAMS (Portable Activity Monitoring Systems) equipment was used to collect enormous (35,410km) road driving data. There are significant difference among seven derived driving patterns.

한국이 UN 자동차 법규 표준화 기구(WP29) 주관의 소형차 배출가스 시험방법 국제 표준화(WLTP/DHC) 연구에 참여하게 됨에 따라 우리나라의 도로 종류 별, 주행 시간대 별 주행패턴 측정이 요구되었다. 이에 본 연구에서는 WP29에서 제안한 주행패턴 표준화 방법을 토대로, 우리나라의 도로·교통 특성을 반영한 실 도로 주행패턴을 측정하고, 대표성을 갖는 도로 종류 별·주행 시간대별 총 7가지 유형의 주행패턴을 분석하였다. 이를 위해 이동식 차량활동도 모니터링 장비(PAMS)를 이용하여 35,410km의 실주행자료를 수집하였으며, 각 유형별로 분석된 주행패턴은 서로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Key Words

Real Driving Data, Driving Pattern, Standardization, Portable Activity Monitoring System(PAMS), World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations(WP29)

실주행자료, 주행패턴, 표준화, 이동식 차량활동도 모니터링 장비, 자동차 법규 표준화 기구

* : Corresponding Author
transjin@ajou.ac.kr, Phone: +82-31-219-3252, Fax: +82-31-219-3253

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

정부는 녹색성장을 정책기조로 국가 전체의 에너지 소비 절감과 온실가스 감축을 적극적으로 추진하고 있다. 특히, 대기오염 배출량 3,372,152톤(2007년 기준) 중 도로이동오염원에 의한 배출량이 1,160,531톤(34.4%)으로 가장 많은 부분을 차지하고 있어 도로이동오염원에 의한 대기질을 개선하기 위한 다양한 정책을 마련하고 있다(국립환경과학원).

그 일환으로 1980년에 휘발유자동차의 제작차 배출 허용기준을 처음 설정한 이후 여러 단계를 거쳐 규제방법과 규제치를 강화하여 왔으며, 1990년대부터 2년마다 강화하여 2000.1.1부터는 전차종에 대하여 선진국 수준으로 배출허용기준을 강화하고 있다.

차량에서 유발하는 배출가스는 동일한 차량이라 하더라도 주행환경과 배출가스 시험방법에 따라 상이하기 때문에, 제작차의 배출가스를 시험하기 위한 표준 주행모드 및 시험방법이 국가별로 설정되어 있다. 미국의 경우 자국 내 도로조건, 주행환경 등을 고려하여 만든 FTP-75 모드(Federal Test Procedure-75), 유럽연합은 ECE15+EUDC 모드, 일본은 J10-15 모드를 따르고 있으며, 한국은 휘발유 자동차는 미국, 경유 자동차는 유럽의 모드를 도입하여 사용하고 있다.

이와 같이 제작차 배출가스를 측정하기 위한 배출가스 공인 주행모드가 각 국가별로 다른 상황에서 UN 자동차 법규 표준화 기구(WP29: World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations) 주관의 소형차 배출가스 시험방법 국제 표준화(WLTP/DHC: World-wide Light duty Test Procedure/ Development for Harmonized Cycle) 연구가 진행되고 있으며, 한국도 해당 연구에 참여하게 되어 우리나라의 도로 종류별, 주행 시간대별 주행패턴이 요구되었다.

우리나라의 대표성 있는 주행패턴을 측정하여 이를 WLTP/DHC에 제공함으로써 UN에서 추진 중인 소형차 배출가스 시험방법 국제 표준화 작업에 국내의 주행 상황을 반영하고자, 본 연구에서는 이동식 차량활동도 모니터링 장비(PAMS: Portable Activity Monitoring System)를 이용하여 우리나라의 도로·교통 특성을

반영한 실주행자료를 수집하였고, WLTP/DHC에서 제안한 주행패턴 표준화 방법을 토대로, 대표성 있는 도로 종류별, 주행 시간대별 총 7가지 유형의 주행패턴을 분석하였다. 아울러 각 유형의 주행패턴을 정립하고, 각 주행패턴이 서로 어떤 차이가 있는지 비교한 후 그 시사점을 도출하였다.

2. 연구방법 및 범위

본 연구는 다음과 같은 순서로 진행된다. 우선 해당 분야의 연구 사례를 검토한 후 시사점을 살펴본다. 그리고 국내의 도로·교통상황이 반영된 실주행자료를 수집하기 위해 차종, 운전자, 주행시간, 주행경로 등을 설계한다. 다음으로 각 조사차량에 PAMS를 장착한 후 도로를 실주행한 데이터를 1초 단위로 수집한다.

각 유형별로 수집된 다양한 주행패턴들을 대표할 수 있는 최적조합은 WLTP/DHC의 가이드라인인 “다양한 주행패턴들의 조합”들과 “수집된 모든 주행패턴 데이터”에 대한 속도-가속도 분포와의 차이에 대해 카이제곱 검정 등의 통계분석기법의 적용을 통해 분석하였다. 그 분석 과정에서, 수많은 조합들 간의 통계적 검증을 보다 효율적으로 연산하기 위해 MATLAB을 활용하였으며, 한국의 교통특성 등에 대한 객관적 근거를 반영하여 분석 결과의 타당성을 확보하고자 하였다.

본 연구에서는 조사 대상차량을 승용차, 승합차, 1톤 트럭 등 소형차 8종으로 설정하였으며, 각 차종별로 대표 차종을 선별하였다. 주행패턴은 도로·교통상황 외에 운전자의 운전특성에 따라 상이하게 도출될 수 있기 때문에 일반적인 운전습관¹⁾을 지닌 운전자를 선별한 후 타 교통류들과 유사하게 주행하도록 교육하였다. 자동차 등록대수와 총 주행거리 등이 전국의 과반이상인 수도권을 지역적 범위를 설정하였으며, 시간적 범위로는 평일 첨두시간, 평일 비첨두시간, 그리고 주말/공휴일로 나누어 설정하였다.

II. 관련연구 고찰

1. 관련용어 정의

주행패턴(Driving Pattern)은 자동차의 속도와 가

1) 교통법규 준수를 준수하며 가감속 등의 주행 성향을 다른 차량의 흐름에 맞추는 운전 행태

〈Figure 1〉 Configuration of Driving Pattern

〈Figure 2〉 Driving Pattern of U.S. (FTP-75)

속도 정보를 이용하여 일정 시간동안의 자동차 주행속도 변화를 그래프 등으로 나타낸 것이다. 즉, 주행패턴은 〈Figure 1〉와 같이 정지상태(Idling)로부터 다음 정지상태에 이르기까지를 통칭하는 주행상태(Short Trip)의 조합으로 이루어진다.

세계 각국에서는 자국의 주행 특성에 맞도록 실제 주행결과를 토대로 표준 주행패턴을 개발하여 제작차의 배출가스 기준 부합여부 등에 활용하고 있는데, 한 예로 미국의 주행패턴은 〈Figure 2〉와 같다.

2. 주행패턴 연구사례

자동차 주행패턴에 대한 조사는 1970년대부터 대기오염 문제가 부각되던 미국·일본 등을 중심으로 연구가 진행되어왔는데(한영출, 1986), 초기에는 연료 소모 정도와 배출물질 발생량 산정 방법론 등에 대해 관심을 두었으나 최근에는 차내 프로브 장비 등을 이용한 비반복적 혼잡의 감지(堀口良太, 2005) 등 ITS 분야에까지 널리 활용되고 있다.

Joumard et al.(1995)은 승용차의 배출량과 연료 소모량에 영향을 미치는 요소들을 결정하기 위한 연구를 수행하였으며, 연구에 따르면 주행패턴인 속도와 가속도의 변화는 연료 소모량에 민감한 영향을 주는 것으로 나타났다.

Ericsson(2001)은 주행패턴에 영향을 미치는 요인에 대한 실험과 동시에 주행패턴 내의 어떤 요소가 배출물질 배출량과 연료 소모량에 영향을 미치는지 밝히고자 하였다. 스웨덴 내에서 2개 차종을 대상으로 각 요소들의 모든 조합(5,217건)에 대해 실험한 결과 출력요구량, 정지상태, 차량속도, 일반적인 가속상태, 급가속상태, 2단에서 3단으로의 낮은 변속, 엔진 RPM 3,500 이상 상태와는 양의 관계를, 50~70km/h의 속도 유지 및 2단과 3단 상태에서의 일반적 RPM 상태와는 음의 관계를 갖는 것으로 나타났다.

국립환경과학원(2001)은 자체적으로 선정한 경로에 대하여 시험차량을 통해 실주행자료를 수집하여, 15개 속도그룹으로 단일주행을 분류하여 각각의 주행특성치의 누적빈도분포를 이용하여 속도그룹별 주행패턴을 정립하였고, 이에 대한 속도그룹별 배출계수를 분석하였다.

정남훈 등(2003)은 서울시의 도심 및 고속화도로에서 실주행자료를 수집 후 주요 주행특성치를 CVS-75 모드와 비교하였으며, 연구 결과 CVS-75 모드가 상대적으로 평균 주행속도가 높고 단위거리당 정차횟수가 적은 것으로 나타나 배출계수에 대한 보정계수 도입이나 자동차 배출가스 인증에 있어 우리나라 고유 주행패턴 개발의 필요성을 피력하였다. 또한 정성운 등(2006)은 국내 공식 자동차 배출가스 주행패턴 모드인 CVS-75 모드와 배출계수를 측정하기 위해 개발된 NIER 모드간의 상관성을 비교 분석하였다. 연구 결과, 오염물질별로 차속에 대한 상관계수가 대체로 높게 나타나 두 모드간 보정계수 활용시 배출계수 산정의 신뢰성이 높아질 것으로 기대하였다.

Qidong et al.(2008)은 중국을 대상으로 2003년부터 2006년의 실주행자료를 통해 주행패턴을 분석한 바 있으며, 평균 주행속도, 평균 가/감속량, 정지시간비율 등 11개 항목에 대한 자료를 수집하였다. 차량에 GPS를 장착한 후 숙련된 운전자가 교통류 흐름에 맞춰 계획된 노선을 주행하였는데, 주행 도로는 3가지 유형(고속도로, 간선도로, 집산도로)으로, 운행시간은 2가지 유형(첨두시간, 비첨두시간)으로 구분하여 조사하였다. 조사 결과, 도시 규모가 크면 고속도로로 인해 고속 주행 시간도 길지만 정체로 인한 정지 시간도 긴 것으로 나타났다. 그리고 인구밀도나 교통수단, 용도지구 등의 측면에서 중국의 도시는 유럽과 유사한 형태이지만 운행특성은 다른 것으로 나타났다.

E. Tzirakis et al.(2006)은 2002년 실주행자료를

이용하여 그리스의 주행패턴(The Athens Driving Cycle: ADC)을 정립하였는데, 이때 주행시간은 06:00~24:00이며, GPS(Global Positioning System)와 OBD(On Board Diagnosis) 수신기를 장착하여 자료를 수집하였다. 그리스는 자국의 주행패턴이 정립되어 있기 때문에 유럽의 주행모드인 NEDC(New European Driving Cycle) 대신 ADC을 활용하고 있다. 이는 ADC에 비해 NEDC에서의 배출량은 약 300%까지 차이가 나기 때문에 NEDC가 자국에 적용하기 어려운 주행패턴이라 판단하였기 때문이다.

WLTP/DHC(2009)는 국제 표준의 주행패턴을 작성하기 위한 가이드라인을 제시한 바 있다. 해당 연구에서는 전체주기길이 및 평균주행·정지시간 값을 활용하여 주행 및 정지상태 발생횟수를 산출하고, 주행·정지시간 누적분포 그래프에서 동일한 간격을 적용하여 지속시간 주기 조합을 결정하였다. 결정된 지속시간별로 각각에 해당하는 모든 패턴을 나열한 뒤, 해당 패턴들로부터 발생할 수 있는 모든 조합에 대하여 속도-가속도 집합에 대하여 카이제곱 검정을 실시하였는데, 이때 모집단(비교대상)은 전체 데이터에 대한 속도-가속도 집합을 이용하였으며, 검정 결과 가장 작은 카이제곱 값을 갖는 조합을 대표 조합으로 선정하였다.

이와 같이 주행패턴의 영향요인 및 주행패턴을 개발하기 위한 연구 외에 주행패턴을 응용한 다음과 같은 연구가 진행되었다.

민석기 등(2002)은 운전자의 주행패턴을 결정하는 대표적인 파라메타로 '선행 차량과의 상대 거리와 자 차량 속도간에 비례하는 특성인 Time-gap'과 '선행 차량과 자 차량의 상대 속도와 상대 거리의 비인 TTC (Time-To-Collision)'에 대해 분석하였다. 실 차량주행 실험을 통해 주행패턴을 분석하였는데, 그 결과 저속 주행 영역에서는 실제 상대거리가 작기 때문에 급격한 가감속을 통해 속도에 따른 거리를 유지하지만, 고속 주행 영역에서는 상대적으로 작은 가감속도를 가지면서 앞차를 추종하기 때문에 큰 값의 속도 오차와 거리 오차를 가지는 것으로 분석되었다.

堀口良太 등(2005)은 프로브 차량의 주행 상태를 패턴별로 분류하여 해당 구간의 일상적인 주행패턴과 비교하고, 비반복적 정체 여부를 차량 단말기 자체 알고리즘을 통해 선별 및 전송하여, 최소한의 통신 비용으로 실시간 교통 정보로 활용하고자 하였다. 요코하마 노선버스 및 나고야 1개 도로노선을 대상으로 실험한 결과, 실시

한 교통 정보를 적용한 통행시간 예측치의 오차율은 10%로 기존 평균 통행시간 오차율의 21%보다 크게 개선되는 등 실제 주행패턴을 활용한 교통정보 제공이 양호한 것으로 나타났다.

Carolien et al.(2010)은 2004년도에 벨기에에서 GPS를 활용하여 이동경로, 이동거리, 속도 자료를 2~7일간 수집하였다. 이때, 주행자는 남성 17명·여성 15명이고, 통행목적에 따라 달리 조사하였다. 조사된 자료와 VeTESS(Vehicle Transient Emissions Simulation Software)을 활용하여 주행패턴에 따른 배출량을 산정한 결과 통근통행이 비통근통행보다, 그리고 남성이 여성보다 오염물질 배출량이 많은 것으로 나타났다.

3. 시사점 도출

일부 선진국에서는 자국의 주행특성이 반영된 주행패턴을 개발하여 도로이동오염원의 배출량을 현실적으로 관리하는데 노력하고 있다. 우리나라에서도 환경부 국립환경과학원에서 개발한 차속별 주행패턴인 NIER 모드를 활용하여 자동차의 차속별 오염물질 배출계수를 산정하고, 이를 활용하여 도로이동오염원의 배출량을 파악하고 있다.

Joumard et al.(1995)의 연구결과에서와 같이 배출가스 수준을 결정하는 연비의 경우 속도와 가속도의 변화에 민감한 영향을 받으며, 주행패턴에 영향을 미치는 요소에 대한 여러 연구에서 도로 환경이나 교통 조건 등이 유의한 변수로 나타나 이에 대한 통제가 상대적으로 중요함을 시사하였다. 특히, 정남훈 등(2003)은 일부 주행실험 결과와 국내의 실주행패턴에 대한 주요 기술통계적 특성이 CVS-75 모드(공인연비 및 제작차 배출가스 측정모드)와 다르기 때문에 국내의 실주행특성이 반영된 주행패턴 개발의 필요성을 언급하였다. 그리고 WLTP/DHC(2009)에서 국제 표준의 주행패턴을 개발하고 있는 시점에서, 우리나라의 대표성 있는 주행패턴을 WLTP/DHC에 제안하여 국제 공동 연구에 기여할 필요가 있다.

III. 주행패턴의 조사 및 표준화

1. 조사 설계

1) 조사차량 및 운전자의 설계

우리나라 승용차량의 97%가 자동변속기를 사용함에

〈Table 1〉 Specification of test car and driver

Category	Vehicle	Reg. Year	Age/Exp.
PC (1~2 L)	Avante HD 1.6	2008	32 / 3y.
PC (1~2 L)	Sonata YF 2.0	2010	33 / 13y.
PC (2~4 L)	Grandeur TG 2.7	2006	30 / 6y.
SUV (1~2 L)	Santafe CM 2.0	2007	32 / 8y.
SUV (2~4 L)	GrandCarnival 2.9	2010	33 / 13y.
Van	GrandStarex 2.5	2008	30 / 10y.
LD Com. (A/T)	Porter A/T	2008	36 / 9y.
LD Com. (M/T)	Porter M/T	2008	49 / 20y.

* Driver boarding only. No additional loading. PC= Passenger Car, LD Com.=Low Duty Commercial

따라 화물차량이 아닌 조사차량은 모두 자동변속기로 설정하였으며, 화물차량은 수동변속기를 사용하는 차량이 상당수 존재하므로 수동, 자동변속기를 모두 설정하였다. 차종별 등록대수 현황 통계자료(한국자동차공업협회 내부자료, 2010)를 활용하여 대표적인 세부 모델을 결정하였다. 운전자의 성별 및 연령에 대한 설계는 수도권 가구통행실태조사 자료(수도권 교통본부, 2007)의 운전자 연령·성별·차종 데이터를 활용하여 전체 운전자의 45.4%로 가장 높은 비중을 차지하는 30~40대 남성으로 결정하였다. 〈Table 1〉은 본 연구에서 사용된 시험 차량과 운전자에 대한 현황을 나타내고 있다.

2) 공간적 여건의 설계

주행패턴 조사의 대상지역은 전국의 전체 자동차 등록대수 중 45% 이상이 등록된 수도권으로 한다. 주행지역의 유형은 교통량이 많고 교차로 등 신호등 밀도가 높은 도심지역(행정단위 “동” 지역), 교통량이 비교적 적고 신호등 밀도가 낮은 교외지역(행정단위 “읍”, “면” 지역), 자동차전용도로로 구분하였다.

3) 시간적 여건의 설계

조사시간대는 첨두·비첨두 및 주중·주말/공휴일로 분류하였는데, 첨두·비첨두시간대에 해당하는 시간대를 설계하고자 수도권 가구통행실태조사 자료(수도권 교통본부, 2007)를 분석한 결과, 첨두시간대는 출퇴근통행과 등하교통행이 주로 일어나는 07시~09시, 18시~20시로, 비첨두시간대는 업무통행과 쇼핑, 친교·개인통행 등이 많이 발생하는 09시~18시로 설정하였다. 자동차전용도로의 경우 여가통행 등으로 인하여 평일 못지않게

주말·공휴일에도 많은 차량이 이용하여 지·정체가 발생하는 등의 특성을 갖고 있기 때문에 추가적으로 주말 첨두시간대에 대하여 분석하고자 하였는데, 해당 시간대는 고속도로 시간대별 교통량 자료를 분석하여 09시~12시, 17시~20시로 설정하였다.

4) 주행거리 및 경로의 설계

WLTP/DHC 가이드라인에 따라 〈Table 2〉와 같이 다양한 소형차종의 시험을 위하여 총 8대의 차량을 대상으로 각 지역별·시간대별 최소 500km를 주행하도록 설정하였다.

도심·교외 지역의 경로 선정을 위하여 2006년 기준의 수도권 가구통행실태조사 자료(수도권 교통본부, 2007)를 활용하였다. 지역별로 2개 이상의 경로를 선정하며, 한 개의 경로는 평균값을 얻기 위하여 5회 이상 자료 수집을 실시하는 것을 원칙으로 하였다. 지역별·시간대별 최소 측정량을 500km로 설정할 경우 한 개의 경로는 편도 25km 가량이기 때문에, 가구통행실태조사에서 발췌된 기종점 쌍 중 최단 경로가 25km 내외이면서 통행수가 가장 많은 〈Table 3〉과 같은 경로를 선정하였다.

자동차전용도로의 경우 구간별 교통량, 경로 특징 등

〈Table 2〉 The total distance to be studied

Category	Urban Area	Rural Area	Motorway
Peak	Week -days 4,000km (500km/veh.)	4,000km (500km/veh.)	4,000km (500km/veh.)
	Week -end	-	4,000km (500km/veh.)
Off-peak	8,000km (1,000km/veh.)	8,000km (1,000km/veh.)	4,000km (500km/veh.)
Sub Total	12,000km (1,500km/veh.)	12,000km (1,500km/veh.)	12,000km (1,500km/veh.)
Total	36,000km (4,500km/veh.)		

〈Table 3〉 Test routes of urban/rural areas

Area	Origin	Dest.	Via	Dist.
Urban	Uijeongbu 2-dong	Yeouido -dong	Dobongro, Dong1ro, Jongro, Maporo,	31.2km
	Sogong-dong	Bokjeong -dong	Euljiro, Wangsimnigil, Guuiro, Songpadaero	20.7km
Rural	Baekam-myeon	Pogok-eup	Gimyangdaero, Yongmaro, Yongindaero, Jukyangdaero	25.7km
	Bogae-myeon	Yangji-myeon	Jukyangdaero, Wonyangro, Bogaewonsamro	28.5km

〈Table 4〉 Test route of motorway

Route	Segment	Dist.	# of Lanes
Gyeongbu Exp	HannamIC~Yangjae IC	10.0km	3~4
Gyeongbu Exp	Yangjae IC~Seoul TG	12.3km	4~6
Gyeongbu Exp	Seoul TG~Suwon IC	11.0km	4~5
Gyeongbu Exp	Suwon IC~Osan IC	14.8km	4
Gyeongbu/Yeongdong Exp	Suwon IC~N. Suwon IC	15.3km	4~5
Yeongdong Exp	N. Suwon IC~E. Suwon IC	8.7km	3~4
Yeongdong/Gyeongbu Exp	E. Suwon IC~Seoul TG	13.9km	4~5
Gyeongbu/Ring Exp	Seoul TG~Seongnam IC	8.7km	4
Bundang-Suseo Motorway	Bulmal IC~Songpa IC	7.2km	3
Bundang-Suseo Motorway	Songpa IC~Chungdam IC	8.4km	3
Olympic Motorway	Chungdam IC~Hannam IC	5.8km	3~4

을 고려하여 〈Table 4〉와 같은 경로를 선정하였다. 결정된 경로는 순환 형태를 띠는데 진출입 행태를 반영하기 위하여 짧은 구간으로 분할하였다. 실제 TCS자료를 분석한 결과도 10분 거리 이내(약 12~16km)의 짧은 통행이 대다수로 나타났다.

2. 자료 수집 및 가공

1) 자료 수집

주행패턴의 조사자료 수집은 각 차량에 장착한 OBD 정보수집 단말기와 GPS 장비가 결합된 PAMS를 이용하

〈Figure 3〉 PAMS (MS-100)

였다. 즉, 본 실험에서 활용된 장비는 OBD와 GPS를 통해 차량의 속도 및 위치좌표 등의 차량 활동 데이터를 매 1초마다 실시간으로 저장할 수 있다. 실행자료는 2010년 5월 24일부터 2010년 6월 20일까지 수집하였으며, 총 수집된 자료는 이상치 자료를 제외하고 35,410km, 3,485,327초(40일 8시간 8분 47초)이다.

2) 자료 가공

수집된 주행패턴 자료는 맵매칭 과정을 거쳐 지역별·시간대별로 분류하였으며, GPS의 특성상 끊임없이 위성고과 통신을 주고받는 과정에서 차량이 정지시에도 미세한 움직임이 발생하는 것으로 나타날 수 있기 때문에, 속도가 1km/h 미만인 경우를 정지한 것으로 설정하였다. 그 후 가공된 자료에 대하여 정지상태 길이 분포, 주행상태 길이 분포, 주행속도 분포 등에 대한 개괄적인 가공을 실시하였다. 그 결과, 도심지역은 잦은 정체 등으로 주행상태 1회당 평균 주행속도가 낮고(약 17km/h), 지속시간 또한 짧았으며, 교외지역은 교통량 및 신호등 밀도가 도심지역에 비해 상대적으로 낮은 특성 등으로 주행상태 1회당 평균 주행속도가 약 32~34km/h로 나타났고 지속시간 또한 길게 나타났다. 자동차전용도로는 평균 주행속도가 시간대에 따라 55~60km/h를 나타내는 등 지체와 원활한 상태를 함께 보이고 있으며, 평균 지속시간은 약 350~400초 내외로 나타났다.

3. 주행패턴의 표준화

1) 표준화 과정의 개요

본 조사에서 수집한 방대한 주행패턴 원시자료를 WLTP/DHC에서 제시한 (1)~(4)의 순서와 방법을 토대로 표준화를 진행하며, 적용된 표준화 방법의 개념을 명확히 설명하기 위하여 교외지역 비첨두시간대 실행자료 1건을 대상을 예로 들어 설명한다.

(1) 주행패턴의 주기 결정

유형별 주행패턴의 주기(주행시간)는 WLTP/DHC의 가이드라인과 기존 연구사례 등을 참조하여 각 도로종류·주행 시간별로 600초로 결정하였다.

(2) 주행상태 발생횟수의 결정

수집한 주행 데이터에서 주행지속시간 및 정지지속시

간의 평균값을 각각 산정한 후, 아래의 식에 적용하여 주행패턴 주기 내의 주행상태 및 정지상태 발생횟수를 결정한다.

$$\text{주행상태 발생횟수} = \frac{\text{전체주기길이}(600\text{초}) - \text{평균정지시간}}{\text{평균주행시간} + \text{평균정지시간}}$$

가령, 평균 주행시간의 평균이 131.6초, 평균 정지시간의 평균이 19.5초일 경우, 총 600초에 대한 주행패턴 내에서 주행상태 발생횟수는 4회로 결정된다.

$$\text{주행상태 발생횟수} = \frac{600\text{초} - 19.5\text{초}}{131.6\text{초} + 19.5\text{초}} = 3.84 \approx 4\text{회}$$

이때, 정지상태 발생횟수는 주행의 시작과 끝에 위치하므로 주행상태 발생횟수에 1을 더한 5회가 된다.

(3) 주행상태와 정지상태의 대표 지속시간 결정

수집한 실주행자료의 주행상태와 정지상태 지속시간에 대한 누적분포 그래프를 각각 작성한 후, 누적비율을 “발생횟수+1”로 나누어 동일한 간격별로 해당비율에 일치하는 대표 지속시간들을 결정한다. 이는 산출된 발생횟수에 대하여 최대한 고르게 지속시간들을 선정하기 위함이다.

앞 단계에서 산출된 주행상태 발생횟수가 4회이므로 주행상태 누적비율을 “4+1”로 나누어 결정된 누적비율 경계값 20%, 40%, 60%, 80%에 해당하는 지속시간들을 선정하고, 정지상태 발생횟수는 5회이므로 “5+1”로 나누어 결정된 정지상태 누적비율 경계값 16.7%, 33.3%, 50%, 66.7%, 83.3%에 해당하는 지속시간들을 선정한다.

누적분포 그래프로부터 각 비율에 일치하는 대표 지속시간은 주행상태의 경우 5초(20%), 33초(40%), 87초(60%), 194초(80%)이며, 정지상태의 경우 2초(16.7%), 3초(33.3%), 8초(50%), 13초(66.7%), 27초(83.3%)로 결정된다.

(4) 주행패턴 조합의 결정

지속시간이 동일하더라도 다양한 패턴의 주행상태가 존재한다. 가령, 결정된 주행상태 지속시간이 5초, 33초, 87초, 194초 중 33초와 87초의 주행상태에 2가지 유형이 존재한다면, 주행패턴의 조합은 <Table 5>와 같이 총 4가지 유형이 존재할 수 있다.

<Table 5> Combinations of Short Trip duration

Combination 1	5, 33A, 87A, 194 (sec.)
Combination 2	5, 33A, 87B, 194 (sec.)
Combination 3	5, 33B, 87A, 194 (sec.)
Combination 4	5, 33B, 87B, 194 (sec.)

	주행상태1 (5초)	주행상태2 (33초)	주행상태3 (87초)	주행상태4 (194초)
A	-			
B	×			×

조합	결과	속도-가속도 분포도
조합 1 (5-33A-87A-194)		
조합 2 (5-33A-87B-194)		
조합 3 (5-33B-87A-194)		
조합 4 (5-33B-87B-194)		

<Figure 4> Description of speed-acceleration distribution table by each Short Trip combination

따라서 다양한 지속시간들의 조합에 따른 패턴자료들 중 가장 대표적인 주행패턴 조합을 결정해야 한다. 이를 위해 각 주행패턴간 모든 조합에 대해 속도-가속도 분포도를 작성한 후(<Figure 4>), 전체 자료들의 속도-가속도 분포도와 각 조합간에 통계적 차이 검정 방법 중 하나인 2차원 카이제곱 검정을 통해 전체 자료를 대표할 수 있는 주행패턴을 결정한다.

카이제곱 검정 방법은 관측치와 추정치의 차이에 대하여 표준화된 수치를 제공하는데, 아래의 식을 이용하여 계산된다.

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

여기서 O는 관측치, E는 추정치를 나타낸다.

일반적으로 카이제곱 검정 방법은 일차원적인 관측치-추정치의 차이를 밝혀내는데 많이 사용되나, 이를 응용하여 2차원에 대한 데이터에 적용할 수 있다. 간단한 예로 속도값의 집합이 {10, 20}, 가속도값의 집합이 {-1, 1}인 데이터 관측치 집단이 <Table 6>과 같이 존재한다고 가정해보면(괄호 안 수치는 전체 데이터에 대한 수치), 2차원 카이제곱 검정은 <Table 7>과 같이 적용된다.

〈Table 6〉 Two-dimensional Chi-square test. (Ex.)

Category		Velocity		Sum
		10	20	
Acc.	-1	15 (23)	9 (6)	24
	1	26 (21)	15 (10)	41
Sum		41	23	65

〈Table 7〉 Calculation of Two-dimensional Chi-square test. (Ex.)

Category		Velocity		Sum
		10	20	
Acc.	-1	$\frac{(15-23)^2}{23} = 2.78$	$\frac{(9-6)^2}{6} = 1.5$	
	1	$\frac{(26-21)^2}{21} = 1.19$	$\frac{(15-10)^2}{10} = 2.5$	
Sum				$\chi^2 = 7.97$

〈Table 8〉 Comparison of Chi-square value between entire data set and each combination. (Ex.)

Combination	Including Short Trip	χ^2	Optimum
1	5, 33A, 87A, 194 (sec.)	10101	
2	5, 33A, 87B, 194 (sec.)	10097	◎
3	5, 33B, 87A, 194 (sec.)	11575	
4	5, 33B, 87B, 194 (sec.)	15484	

즉, 〈Table 5〉의 4개 조합에 대한 각각의 속도 및 가속도 집합을 모든 조합의 속도 및 가속도 집합의 합과 비교하면 가장 작은 카이제곱 값을 갖는 조합이 존재하며, 해당 조합을 유형별 주행패턴 제안에 쓰일 대표 조합(모집단과 가장 작은 차이를 나타내는 조합)으로 결정한다(〈Table 8〉).

2) 기초 데이터 분석

본 연구에서는 총 3개 지역에서 시간대별로 각각 수집된 총 7개 유형의 주행패턴 기초 자료(도심 침두, 도심 비침두, 교외 침두, 교외 비침두, 자동차전용도로 침두, 자동차전용도로 비침두, 자동차전용도로 주말)에 대하여 별도로 분석하되, 8대의 차종별 데이터는 분리하지 않고 통합하여 소형차 전체를 대변할 수 있는 주행패턴을 정립할 수 있도록 한다. 앞의 표준화 방법을 적용하여 결정된 각 유형별 지속상태 발생횟수 및 누적비율, 이에 따른 지속시간 개수와 각 지속시간 패턴의 개수는 〈Table 9, 10〉과 같다.

〈Table 9〉 Short Trip duration and number of patterns (urban area)

Peak	Duration(sec.)	4	8	16	27	38	52	70	97
	# of Patterns	429	260	106	115	98	69	49	34
Off-peak	Duration(sec.)	4	8	17	28	39	54	72	99
	# of Patterns	966	388	206	201	187	141	93	65

〈Table 10〉 Idling duration and number of patterns (urban area)

Peak	Duration(sec.)	1	3	5	8	14	21	30	46	74
	# of Patterns	733	708	502	314	191	123	123	56	39
Off-peak	Duration(sec.)	1	2	4	7	13	20	29	45	73
	# of Patterns	1829	2754	1147	709	411	311	236	108	72

〈Table 11〉 Short Trip duration and number of patterns (rural area)

Peak	Duration(sec.)	29	92	191
	# of Patterns	11	9	1
Off-peak	Duration(sec.)	28	93	182
	# of Patterns	20	16	4

〈Table 12〉 Idling duration and number of patterns (rural area)

Peak	Duration(sec.)	3	7	18	43
	# of Patterns	120	43	13	16
Off-peak	Duration(sec.)	2	8	19	43
	# of Patterns	433	93	46	20

도심지역은 교차로 간격이 짧고 많은 차량으로 인한 지체 등으로 주행과 정지가 짧은 주기로 반복되는 특성을 가지고 있으며, 따라서 주행상태와 정지상태는 비교적 많이 발생하나 각각의 지속시간은 길지 않은 것으로 나타나고 있다.

교외지역은 도심지역에 비하여 비교적 연속류의 특성을 띠고 있어 주행 지속시간이 길지만 정지 지속시간은 도심지역과 마찬가지로 교차로 대기 등에 의해 발생하기 때문에 도심지역의 분포와 큰 차이가 없는 것을 볼 수 있다(〈Table 11, 12〉).

한편, 자동차전용도로는 경로 특성상 진출입 상태에서 정지상태가 발생하지 않기 때문에 톨게이트 진입속도인 30km/h를 주행상태의 시작속도로 정의하였으며, 지체체가 발생하지 않는 경우 진출시까지 1회의 주행상태를 유지하기 때문에 주행 지속시간은 상당히 길게 나타났다(〈Table 13〉).

〈Table 13〉 Short Trip duration and number of patterns (motorway)

Peak	Duration(sec.)	255	492
	# of Patterns	1	1
Off-peak	Duration(sec.)	234	427
	# of Patterns	1	2
Week-end	Duration(sec.)	241	425
	# of Patterns	3	1

3) 각 주행패턴들 조합에 대한 카이제곱 검정

수집된 데이터는 그 양이 방대하고 일부 지역 및 시간대의 경우 대표 지속시간의 조합이 무수히 많기 때문에 프로그래밍(MATLAB)을 통해 카이제곱 검정을 수행하였다. 그 과정은 WLTP/DHC 가이드라인과 국내 실주행자료 특성에 따라 다음과 같은 4단계로 진행된다.

- 1단계: 데이터 로딩 및 속도, 가속도의 이상치(속도 131km/h, 가속도 ± 10 이상)를 극값으로 치환
- 2단계: 전체 데이터에 대한 속도-가속도 표 작성을 위한 속도자료 그룹화(3km/h 단위) 및 가속도별 별도 파일 처리
- 3단계: 2단계에서 가공된 데이터 파일을 바탕으로 속도-가속도 표 작성
- 4단계: 사전에 결정된 주행상태 지속시간(〈Table 9, 11, 13〉)에 각각 해당하는 주행상태의 조합 추출 및 카이제곱 검정 수행

대표 Short Trip (초)	29	92	191
해당조합개수	11 (A~K)	9 (A~I)	1

〈Figure 5〉 Verification of difference between each Short Trip combination and entire mode

가령, 교외지역 첨두시간의 주행패턴을 대표하는 주행상태의 지속시간이 29초, 92초, 191초이며, 각 주행상태의 패턴수는 11개, 9개, 1개로 나타났기 때문에 주행상태의 조합은 99개(11×9×1)이며, 해당 조합 중 최적 주행상태 조합은 〈Figure 5〉와 같이 전체 교외지역 첨두시간의 주행패턴에 대한 속도-가속도 분포표와의 통계적 차이를 통해 결정하였다. 즉, 각 조합들과 전체 자료들간 차이 검증값(카이제곱 값)이 가장 작은 조합을 최적의 조합으로 설정하였다.

4) 유형별 주행패턴의 작성

이와 같은 각 조합에 대한 카이제곱 검정 결과를 바탕으로 각 지역 및 시간대에 대한 주행상태와 정지상태가 모두 포함된 유형별 주행패턴을 〈Figure 6~12〉과 같이 작성하였다.

그 결과 도심지역의 주행패턴은 〈Figure 6, 7〉과 같이 주행과 정지상태가 자주 반복되며, 주행 중에도 교통류 등의 영향이 많아 가속과 감속이 빈번하게 나타나고 있다. 또한 최고속도는 50km/h 내외로 도심지역의 교통류 상태를 반영하고 있는 것으로 나타났다.

교외지역의 주행패턴은 〈Figure 8, 9〉와 같이 도심지역과 비교하여 주행상태의 길이가 더욱 오래 지속되고, 주행 중 가속과 감속이 완만하게 이루어지고 있어 신

〈Figure 6〉 Driving Pattern of urban area (peak time) (514 sec.)

〈Figure 7〉 Driving Pattern of urban area (off-peak time) (515 sec.)

〈Figure 8〉 Driving Pattern of rural area (peak time) (383 sec.)

〈Figure 9〉 Driving Pattern of rural area (off-peak time) (375 sec.)

〈Figure 10〉 Driving Pattern of motorway (peak time) (747 sec.)

〈Figure 11〉 Driving Pattern of motorway (off-peak time) (661 sec.)

〈Figure 12〉 Driving Pattern of motorway (weekend) (666 sec.)

호나 다른 교통류의 영향을 크게 받지 않는 특성을 반영하고 있다.

〈Figure 10~12〉와 같이 자동차전용도로의 주행패턴은 교통류의 영향으로 지엽적인 가속과 감속이 반복적으로 발생하고 있으며, 비첨두와 주말의 주행패턴에서는 다소간의 지정제 상태도 반영하고 있음을 볼 수 있다.

Ⅳ. 유형별 주행패턴의 비교

1. 유형별 주행패턴간 차이검증

본 연구를 통해 정립된 유형별 주행패턴이 서로 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 통계적 검증을 실시하였다. 우선, 각 유형별 주행패턴의 일반적인 특성에 대하여 비교한 결과는 〈Table 14〉와 같다.

주행패턴의 평균속도는 도심지역 23~25km/h, 교외지역 46~49km/h, 자동차전용도로 61~82km/h로 나타났다. 이에 따라 총 이동거리 또한 도심지역은 2km 내외에 불과한 반면 자동차전용도로는 11~17km에 이

〈Table 14〉 Comparison of characteristic index among Driving Pattern types

Traffic Parameters	Urban Peak	Urban Off-peak	Rural Peak	Rural Off-peak	Motor way Peak	Motor way Off-peak	Motor way Week-end
Total Time(sec.)	514	515	383	375	747	661	666
Dist. (km)	2.0	2.3	4.0	4.1	17.0	12.3	11.4
Avg. Speed(kph)	22.8	25.4	46.5	48.7	81.7	65.9	60.7
Avg. Dist. per ST(km)	0.3	0.3	1.3	1.4	8.5	6.1	5.7
Avg. Time per ST(sec.)	39.0	40.1	104.0	101.0	374.0	334.5	338.0
Avg. Speed per ST(kph)	14.2	16.1	39.0	39.5	78.4	63.6	54.9
Acc. Time Ratio(%)	25.7	25.4	35.5	37.3	34.5	33.6	30.8
Const. Time Ratio(%)	10.5	11.7	17.8	18.4	36.8	33.8	36.2
Decel. Time Ratio(%)	24.5	25.2	28.2	25.1	28.7	32.6	33.0
Idling Time Ratio(%)	39.3	37.7	18.5	19.2	0.0	0.0	0.0
Avg. Acc. (km/h/s)	2.1	1.9	1.9	1.7	1.3	1.6	1.4
Avg. Decel. (km/h/s)	-1.9	-1.8	-2.2	-2.3	-1.6	-1.7	-1.3

* ST : Short Trip

〈Table 15〉 Chi-square results of each Driving Patterns

Compared pair	Chi-square value
Urban Peak ↔ Urban Offpeak	273.04
Rural Peak ↔ Rural Offpeak	263.50
Motorway Peak ↔ Motorway Offpeak	674.54
Motorway Peak ↔ Motorway Weekend	1016.66
Motorway Offpeak ↔ Motorway Weekend	580.84
Urban Peak ↔ Rural Peak	305.11
Urban Peak ↔ Motorway Peak	521.19
Rural Peak ↔ Motorway Peak	570.12
Urban Offpeak ↔ Rural Offpeak	316.83
Urban Offpeak ↔ Motorway Offpeak	339.61
Rural Offpeak ↔ Motorway Offpeak	434.33

르고 있다. 또한 도심지역은 정지시간비율이 38~39%로 전체 주기의 1/3 이상동안 차량이 정지한 상태이고, 자동차전용도로의 경우 등속시간 비율(속도가 0이 아니면서 가속도가 0인 시간)이 34~37%로 일정한 주행상태를 유지하고 있는 등 유형별로 주행패턴 특성에 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 각 유형별 통행패턴의 차이가 실제 존재하는지 확인하기 위해, 카이제곱 검정 중 독립성 검정 방식을 활용하였다.

유의수준 5%에 대한 임계값은 124.34이며, 지역별·시간대별로 각각 비교한 결과는 〈Table 15〉와 같이 나타났다. 즉, 시간대에 상관없이 모든 비교 조합이 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있으며, 특히 자동차전용도로 시간대별과, 첨두시 도심 및 교외지역과 자동차전용도로간의 차이가 가장 큰 것으로 나타났다.

2. 시사점 도출

자동차전용도로의 시간대별 주행패턴 차이는 χ^2 이 580.84~1016.66로 나타나, 타 유형간 차이에 비해 상당히 높은 것으로 나타났다. 이를 통해, 자동차전용도로는 신호 등 제어 장비의 영향을 받지 않기 때문에 시간대 차이에 기인한 교통량의 차이는 주행패턴에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 자동차전용도로의 경우, 첨두시간, 비첨두시간과 같은 주행 시간대별로 정립된 주행패턴의 필요성을 시사한다.

반면, 도심지역과 교외지역에 대한 시간대별 주행패턴의 차이는 χ^2 이 각 273.04, 263.50로 나타나, 타 유형간 차이에 비해 가장 낮은 수준으로 나타났다. 이는 도심·교외 지역은 신호 운영에 따라 교통류가 조절되기 때

문에, 시간대 차이로 인한 주행패턴의 차이는 상대적으로 크지 않게 나타난 것으로 판단된다.

도로 종류에 따른 주행패턴 차이를 살펴보면, 첨두시와 비첨두시 모두 자동차전용도로와 도심·교외지역 사이에 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 도로 종류 차이에 기인한, 신호 및 기하구조 등의 도로특성은 주행패턴에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 도로 종류에 따른 주행패턴의 필요성을 시사한다.

기존 해외에서 공인연비 및 제작차 배출가스를 측정하기 위해 정립된 주행패턴을 살펴보면, 지역·시간 구분 없이 단일 주행패턴으로 제시하고 있는데, 본 연구결과와 같이 도로 종류별·주행 시간대별로 표준화된 주행패턴들은 통계적으로 유의한 차이가 존재하기 때문에 기존의 단일화된 주행패턴보다, 각 유형별 주행패턴을 각 유형별 주행규모 수준으로 적절히 반영하여 활용하는 것이 실제 주행상황을 현실적으로 모사할 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 우리나라의 전형적인 도로조건과 교통조건을 반영한 도로 종류별·주행 시간대별 주행패턴을 측정하고 이를 국제적인 공동 연구체인 WP29/WLTP/DHC의 분석 가이드라인에 의거하여 분석, 제출함으로써 국제 공동 연구에 기여하는 한편, 국내 여건에 따른 다양한 시사점을 도출하였다. 이를 위해 PAMS를 이용하여 방대한 실주행자료를 수집하여 가공하였으며, 그 결과 도심지역은 잦은 정체 등으로 주행상태당 평균 주행속도가 낮고(약 17km/h), 지속시간 또한 짧은 것으로 나타났으며, 교외지역은 교통량 및 신호등 밀도가 도심지역에 비해 상대적으로 낮은 특성 등으로 주행상태당 평균 주행속도가 약 32~34km/h로 나타났고 지속시간 또한 길게 나타났다. 자동차전용도로는 평균 주행속도가 시간대에 따라 55~60km/h, 평균 지속시간은 약 350~400초 내외인 것으로 나타났다.

수집·가공된 전체 실주행자료를 유형별로 대표성을 갖는 단일주행 자료로 조합하기 위해, 본 연구에서는 통계적 기법인 2차원 카이제곱 검정 등을 활용한 WLTP/DHC 표준화 방법론을 준용하였으며, 이를 기반으로 총 7가지 유형별 주행패턴을 제안하였다. 그리고 각 유형별 주행패턴 차이를 통계적으로 검증한 결과, 자동차전용도로의 시간대별 주행패턴 차이는 580.84~1016.66로

나타나, 타 유형간 차이에 비해 상당히 높은 수준으로 나타났다. 이를 통해, 시간대 차이에 기인한 교통량의 차이는 주행패턴에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 그리고 도로 종류에 따른 주행패턴의 경우, 침두시와 비침두시 모두 자동차전용도로와 도심·교외지역 사이의 카이제곱값이 305.11~570.12로 큰 차이가 있는 것으로 나타나, 신호 및 기하구조 등의 도로특성은 주행패턴에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

즉, 각 유형별 주행패턴은 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타나, 공인연비 및 제작차 배출가스 측정 모드에 유형별 주행패턴을 적절히 혼용하여 활용한다면 실제 주행상황을 좀 더 현실적으로 모사하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 나타났다. 또한 본 연구결과인 국내의 주행 상황이 반영된 주행패턴을 UN에서 추진 중인 소형차 배출가스 시험방법 국제 표준화 작업에 반영하여, 국내의 주행패턴이 반영된 세계 표준의 주행패턴 자료 구축에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 본 연구는 국내 주행패턴을 유형별로 살펴본 것지만, 향후에는 국내 주행패턴이 해외 주행패턴과도 어떠한 차이를 보이는지 세부적으로 분석할 필요가 있다. 이를 통해서 국내의 도로 및 교통 특성에 대한 시사점을 도출할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서는 차종별 주행패턴을 구분하지 않고 각 자료를 통합하여 소형차 기준의 주행패턴을 정립하였는데, 본 연구에서 수집한 자료를 활용하여 각 세부차종별로 주행패턴이 어떤 차이를 보이는지도 연구할 필요가 있다. 현재 모든 차종에 대해 동일한 주행패턴이 입력되고 있는데, 각 차종에 적합한 주행패턴이 도출된다면 좀 더 현실적인 평가 수단으로 적용될 수 있기 때문이다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 국립환경과학원 재원의 「소형차 배출가스 시험방법 국제 표준화를 위한 국내 주행패턴 연구」와 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(NRF-2011-0000859)입니다.

알림 : 본 논문은 국립환경과학원의 재원으로 아주대학교에서 수행하였던 “소형차 배출가스 시험방법 국제 표준화를 위한 국내 주행패턴 연구”의 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

REFERENCES

1. Carolien B., Davy J., Geert W. and Luc I. P.(2010), Applying Activity-travel Data for the Assessment of Vehicle Exhaust Emissions: Application of a GPS-enhanced Data Collection Tool, Transportation Research Part D 15, pp.117~122.
2. Chung, N.H., Lee, W.T., and Sunwoo, M.H. (2003), A study on the driving patterns for passenger car in the metropolitan area, Transactions of KSAE, Vol.11, No.1, pp.18~24.
3. Ericsson E.(2000), Variability in urban driving patterns, Transportation Research Part D, 5(5), pp.337~354.
4. E. Tzirakis, F. Zannikos, K. Pitsas and S. Stournas(2006), Vehicle Emissions and Driving Cycles: Comparison of the Athens Driving Cycle(ADC) with ECE-15 and European Driving Cycle(EDC), Global NEST Journal, Vol.8, No.3, pp.282~290.
5. Han, Y.C.(1986), An experimental study on characteristics of exhaust emission due to vehicle driving pattern in urban area, Auto J. KSAE, Vol.8, No.3, pp.46~54.
6. Joumard, R., Jost, P., Hickman, J., and Hassed, D.(1995), Hot passenger Car emissions modeling as a function of instantaneous speed and acceleration, The Science of the Total Environment 169, pp.167~174.
7. Jung, S.W., Lyu, Y.S. and Ryu, J.H.(2006), Comparison of correlation between CVS-75 mode and Korea mode to estimate emission factors from vehicles, J. KOSAE, Vol.22, No.3, pp.383~391.
8. Michael L. M. and Laurence R. C.(1980), The influence of vehicle type on the estimation of velocity while driving, Ergonomics, Vol.23, No.12, pp.1151~1160.
9. Ha, J.S., Min, S.K., Moon, I.K., and Yi, K.S.(2002), Estimation of Human Driver Parameters using Analysis of Driving

Behavior, The Korean Society of Automotive Engineers, 2002 Spring Proceedings, Vol.3, pp.1109~1114.

10. National Institute of Environmental Research, National Air Pollutants Emission webpage (<http://airemiss.nier.go.kr>)
11. National Institute of Environmental Research (2001), Study on Vehicle Emission Estimation.
12. Hong H., Kebin H., Qiang Z., Qidong W. and Zhiliang Y. (2008), Characterization of vehicle

driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities, Transportation Research Part D 13, pp.289~297.

13. UK and Japan DHC Group under GRPE/WLTP Informal Group(2009), Proposal for WLTC Methodology and Guidelines for In-use Data Collection.
14. 堀口良太・和田光示(2005), プローブの走行パターンを利用した統合型車載機での異常渋滞判定アルゴリズムの開発, 第4回ITSシンポジウム2005論文集.

♣ 주 작 성 자 : 최 기 주

♣ 교신저자 : 이규진

♣ 논문투고일 : 2011. 8. 29

♣ 논문심사일 : 2011. 10. 13 (1차)

2012. 2. 2 (2차)

2012. 2. 15 (3차)

♣ 심사판정일 : 2012. 2. 15

♣ 반론접수기한 : 2012. 6. 30

♣ 3인 익명 심사필

♣ 1인 abstract 교정필