

텔레매틱스 기술을 이용한 자동차 주행 패턴 및 냉간 배출거리 평가에 관한 연구

A Study on the Estimation of Vehicle Driving Pattern and Cold Emission Length by using on-board Telematics Devices

최상진 · 김필수* · 박성규 · 박건진 · 김진윤

홍영실 · 장영기¹⁾ · 김 정¹⁾ · 김정수²⁾

(주)케이에프이앤이, ¹⁾수원대학교 환경에너지공학과, ²⁾국립환경과학원

(2013년 5월 16일 접수, 2013년 7월 16일 수정, 2013년 8월 12일 채택)

Sang-Jin Choi, Pil-Su Kim*, Sung-Kyu Park, Gun-Jin Park, Jin-Yun Kim,
Young-Sil Hong, Young-Kee Jang¹⁾, Jeong Kim¹⁾ and Jeong-Soo Kim²⁾
KF E&E Co., Ltd.

¹⁾*Department of Environmental & Energy Engineering, Suwon University*

²⁾*National Institute of Environmental Research*

(Received 16 May 2013, revised 16 July 2013, accepted 12 August 2013)

Abstract

In this study, the telematics device was installed on the car (OBD-II) to collect the information on the operation conditions from each sample vehicle. Based on the information the domestic driving pattern was analysed and the ratio of cold start length was estimated. As a result of analysis for driving pattern, we found a difference in the frequency of driving on the hourly or seasonal basis. Then, the driving pattern of the rush hours, weekdays, and weekends could be derived. Also, from the study, an average of 2.22 times per day occurred in a single trip and average driving distance for the trip was 15.72 km. In addition, the proportion of cold start length was analyzed to be 16.11%. The seasonal cold start length has big difference from season to season (Winter 26.63%, Summer 8.22%, Intermediate 12.65%). There was an inverse relationship between the outside temperature and ratio of cold start length. In order to improve the accuracy of the cold emission estimation, it is necessary to apply domestic ratio of cold start length that driving pattern and temperature in Korea is reflected.

Key words : Cold start length, Cold emission, One trip length, Driving pattern, Vehicle

*Corresponding author.
Tel : +82-(0)31-429-0834, E-mail : dduryman@nate.com

1. 서 론

환경 및 교통 분야에서 자동차로부터 배출되는 오염물질로 인한 대기오염은 지속적으로 큰 문제가 되어 왔으며, 최근 세계보건기구(WHO, World Health Organization)에서는 경유차 배기가스 중 일부를 1급 발암물질로 지정, 인체 위해도가 높다고 설명하고 있다(Stratif *et al.*, 2012).

대기오염물질 및 유해대기오염물질(HAPs, Hazardous Air Pollutants)의 관리를 위해서는 국내 특성에 맞는 배출계수 및 배출량 산정을 통해 유해대기오염물질 배출량 산정 시스템을 구축하고, 현재의 국가대기정책지원시스템(CAPSS, Clean Air Policy Support System)과 연계한 관리가 필요하며(Jang *et al.*, 2013), 지속적이고 효율적인 정책 연구를 위해서는 무엇보다 정확한 자료의 생성 및 개발 그리고 관리가 되어야 한다.

하지만, 기존의 자동차 대기오염배출연구들은 일평균 주행거리 및 등록대수를 이용해 차종별 주행거리를 추정하고, 도로 지점기반의 통과속도를 통해 산출된 평균속도를 적용하여 도로이동오염원의 배출량을 산정하고 있다(Cho, 2002; Jang *et al.*, 1997). 현행 속도와 통행량 같은 도로기반 교통자료의 경우 최초 생성 목적이 도로 유지 및 교통수요 관리 목적에 맞게 우선 설계되었기 때문에 효과적인 대기질 개선정책 수립을 위해서는 배출주체인 자동차 관점의 활동자료 수집 및 개선이 요구된다. 이러한 도로중심 현황자료는 공간적 해상도에 대한 해석은 용이하지만 시·공간적인 해상도를 함께 높이기 위해서는 대기오염물질 배출량 해석의 주요인자인 주행거리와 주행속도에 대한 정보를 자동차 중심으로 파악하여야 하며, 실제 주행특성(Real world driving pattern)가 포함되어야 정확도를 높일 수 있다.

도로이동오염원이 총배출량에서 큰 비중을 차지하고 있지만 엔진이 예열되지 않은 상태에서 부가적으로 발생하는 오염물질인 냉간 배출량(Cold start emission)은 상당부분 간과되고 있다. 냉간 배출량은 외기온도와 자동차 운행 행태에 따라 배출량 특성의 차이가 발생된다. 자동차 제작사에 따라 다소 차이는 있지만 엔진의 냉간 시에서 냉각수의 온도가 약 70~80°C 이상인 열간(Hot) 시에 도달할 때까지는 자동

차 엔진이 안정적으로 작동하도록 연료량을 증량하여 분사하므로, 공연비가 농후한 상태로 엔진이 작동하며, 엔진 미가열 상태의 시동 초기에는 배출가스 처리용 촉매의 표면온도가 정상온도에 도달하지 않아 정화효율이 낮기 때문에 HCs, CO 등의 배출량이 엔진 가열 상태의 배출량에 비해 매우 높다(Barlow and Boulter, 2009; Boulter *et al.*, 2009). 따라서 자동차에서 추가적으로 발생하는 냉간 배출량을 관리하기 위해서는 이와 연관된 인자들이 선행 조사되어야 한다.

본 연구에서는 원격통신(Telecommunication)과 정보과학(Informatics) 기술의 융합으로 차량의 주행정보 수집·분석이 가능한 텔레매틱스(Telematics)를 이용하여 국내 주행특성이 반영된 자동차 중심의 활동도 자료를 조사하고, 냉간 배출량을 산정하기 위한 자동차 1회 주행거리(1 trip length)와 냉간 배출 비율이 어느 정도인지를 확인하여 계절 및 시간적 변화에 따른 특성을 알아보고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 텔레매틱스를 이용한 실시간 자동차 운행정보 수집 방법

본 연구에서는 도심지역(수도권 일대)을 주행하는 차량을 대상으로 50대의 표본차량을 선정(표 1)하고, 각 차량의 배출가스 자기진단장치(OBD-II, On-Board Diagnostics) 커넥터(Connector)에 자동차 운행정보 계측기를 장착하여 차량속도(km/h), 주행거리(km), 냉각수 온도(°C) 등의 초단위 운행정보를 무선방식(WCDMA)을 이용, 5분 간격으로 실시간 수집하였다.

냉간 배출은 도심(Urban), 교외(Rural), 고속도로

Table 1. Target vehicle segment equipped with measuring equipment.

Category	Displacement (cc)	Number	Ratio (%)
Passenger car	< 1,000	2	4
	1,000 ~ 1,600	1	2
	1,600 ~ 2,000	35	70
	> 2,000	9	18
Omnibus	> 3,000	3	6
Total		50	100

Table 2. Target vehicle new segment in this study.

Driving purpose	Type of fuel	Displacement (cc)	Number	Ratio (%)
Family use	Gasoline	1,600~2,000	4	8
		>2,000	1	2
	Diesel	1,600~2,000	1	2
	Sub-total		6	12
Business use	Gasoline	>2,000	1	2
	Diesel	1,600~2,000	3	6
		>2,000	1	2
	LPG	1,600~2,000	3	6
		>2,000	1	2
Sub-total		9	18	
Commuting	Gasoline	<1,000	2	4
		1,600~2,000	10	20
		>2,000	1	2
	Diesel	1,600~2,000	7	14
		>2,000	5	10
	LPG	1,600~2,000	1	2
>2,000		1	2	
Sub-total		27	54	
Commute & Business	Gasoline	1,600~2,000	2	4
		>2,000	1	2
	Diesel	1,600~2,000	3	6
		>2,000	1	2
	LPG	1,600~2,000	1	2
Sub-total		8	16	
Total			50	100

(Highway) 모드에 관계없이 발생하지만 주로 Urban mode의 비중이 크며, 주된 차종인 승용차(Passenger cars)와 소형중량차량(Light duty vehicles)에 대해서 고려한다(Boulter *et al.*, 2009). 국내에서는 환경부 고시 “자동차 총오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정(2010.12.2.)”에 따라 냉간 배출량 산정 시 차량 총중량 3.5톤 이상의 중량자동차는 적용하지 않기 때문에 승용 및 승합차량을 대상으로 표본차량을 선정하였다. 또한 본 연구에서는 자동차의 주된 사용목적별로 냉간 배출거리 비율이 상이할 것으로 판단하고, 이를 확인하기 위해 가정용, 출퇴근용, 영업용 등으로 재구분(표 2)하여 자동차 운행정보 계측기를 장착하고 2012년 6월 1일부터 2013년 2월 28일까지 9개월간 자동차 운행정보 자료를 수집하였다.

Table 3. Collection item of driving information.

Collection unit: Second	
-License plate number	-Fuel injection (mL)
-Vehicle type	-MAF (Mass air flow) (mg/TDC*)
-Time of start-up on/off (YYYY-MM-DD HH:24MI:SS)	-Coolant temperature (°C)
-Mileage (km)	-Intake air temperature (°C)
-Speed (km/h)	-Atmospheric pressure (Pa)
-Engine rpm	-Accelerator (%)
-GPS X, Y	-Engine torque
	-Brake signal

* TDC: Top Dead Center sensor

Table 4. Analysis item of driving information.

Analysis unit: Trip	
-Driving time of trip (hh:mm:ss)	-Time to reach of coolant under normal temperatures (sec)
-One trip length (km)	-Origin and destination in GPS
-Fuel consumption in trip (L)	-Total driving time (hh:mm:ss)
-Average fuel economy (km/L)	-Average speed of total driving (km/h)
-Average speed in trip (km/h)	-Maximum speed (km/h)
-Number of brakes	-Stopping ratio (%)
-Total mileage (km)	
-Idling time (sec)	

2.2 1회 주행거리 및 냉간 배출거리 비율 산정 방법

본 연구에서는 1 Trip을 자동차 시동 On/Off를 기준으로 시동을 켜고 주행 후 시동을 끄는 상태로 정의하고, 초단위로 수집된 운행정보(표 3)를 이용하여 위 정의에 따른 Trip 및 관련 항목(표 4)을 생성한 후 이를 기반으로 냉간 배출거리 비율을 분석하였다. 수집된 운행정보 중 시동 On/Off 시간 정보와 주행거리, 차속, 냉각수 온도 정보를 주 분석대상으로, 그 밖의 엔진 RPM, 대기온도, 가속페달 동작여부 등은 오류데이터를 검증하는데 이용하였다. 자동차 운행정보 수집기간 동안 대상차량 50대에서 수집된 초 단위 자료는 59,958,933개였으며, 발생 Trip 수는 40,614회로 분석되었고 총 주행거리는 586,892 km, 총 운행시간은 16,655시간 15분 33초였다. 계측기 장착 초기 기기 설정 과정 시 시동 On/Off를 반복한 Trip 및 계측기 탈·부착 과정에서 발생하는 주행정보, 그리고 일반적인 자동차 주행특성을 벗어나는 주행거리와 운행시간이 포함된 Trip 등은 제외하였으며, 제외조건은 1) 주행거리 정보가 “0”이면서 연료사용량 정보가 “0” 또는

브레이크 횟수가 “0”인 Trip, 2) 시작 냉각수 온도가 측정되지 않은 Trip, 3) 1 Trip 기준 주행거리 정보가 300 km 이상이거나 0 km인 Trip, 4) 1 Trip 기준 운행 시간이 3시간 이상이거나 60초 이하인 Trip, 5) 1 Trip 기준 평균연비가 3 km/L 이하이거나 20 km/L 이상인 Trip으로 설정하여 약 10,646 Trip 자료(운행거리 115,872 km, 운행시간 3,598시간 48분 48초)를 분석에서 제외하고, 29,968 Trip 자료(총 운행거리 471,020 km, 총 운행시간 13,056시간 26분 45초)를 대상으로 분석을 실시하였다.

또한 본 연구에서는 엔진냉각수 온도 정보를 기반으로 냉간 배출거리를 추정하기 위해서 차종에 따라 상이하지만 냉각수 온도가 80°C 이상일 경우를 엔진 열간(Hot) 상태로 판단, 냉각수 온도가 80°C까지 도달하는 시간 및 거리를 분석하여 각 차량의 Trip별 주행거리 중 냉간 배출 주행거리(km)를 분석하고 1 Trip당 엔진 미가열 또는 촉매 활성화(Catalyst light-off) 이하 온도 상태의 주행거리 비율(β_j)을 추정하였다.

2.3 현행 방법론과 비교

EU의 COPERT III (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport III)에서는 냉간 배출량을 산출하기 위해 식 1과 같은 방법론을 적용하고 있으며 (EEA, 2012), COPERT III의 추정식을 통해 냉간 배출거리 비율을 산정하기 위해서는 자동차의 1회 주행거리와 월 평균 기온에 대한 자료가 필요하고(식 2), 냉간 배출거리 비율 자료와 총 주행거리, cold/hot 배출계수 비율에 의해 냉간 배출량이 산출된다.

$$E_{cold,i,j} = \beta_j \cdot m_j \cdot e^{hot} \cdot \left(\frac{e^{cold}}{e^{hot}} - 1 \right) \quad (1)$$

여기서, $E_{cold,i,j}$ 냉간 배출량
 β_j 엔진 미가열 또는 촉매 활성화 이하

온도 상태의 주행거리 분율
 m_j 총 주행거리
 e^{cold} cold 배출계수
 e^{hot} hot 배출계수

$$\beta_j = 0.647 - 0.025 \times l_{trip} - (0.00974 - 0.000385 \times l_{trip}) \times t_a \quad (2)$$

여기서, l_{trip} 1회 주행거리 (km)
 t_a 월 평균 기온 (°C)

본 연구에서는 2.2에서 언급한 바와 같이 실제 운행되는 차량을 대상으로 해당차량의 냉각수 온도 정보와 1 Trip 주행거리를 기준으로 냉간 배출거리 비율을 추정하였으며, 냉각수 온도에 영향을 줄 수 있는 Trip이 발생한 당일의 일 평균기온을 함께 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 자동차 운행특성 분석 결과

대상차량 50대의 주행 정보 중 분석에 적용된 Trip 을 기준으로 분석한 결과 평균 1회 주행거리는 15.72 km이며, 평균 1회 운행시간은 26분 08초로 나타났고, 평균 공회전율은 25.17%, 일평균 2.22회의 Trip이 발생한 것으로 분석되었다(표 5). 1회 주행 시 평균 주행거리의 경우 가정용 15.47 km, 업무용 20.25 km, 출퇴근용 14.94 km, 출퇴근 및 업무용 14.77 km로 나타났으며, NIER (2007)에서 수도권 교통센서스 DB (MTA, 2007)를 활용하여 산출한 승용차 평균 1회 주행거리 12.35 km보다는 약간 큰 값을 보였다(표 6).

적용된 Trip 자료를 토대로 국내의 주행특성을 분석하기 위해 시간대별 Trip 발생 빈도수를 확인하고, 6~8월까지를 여름철, 9~11월은 봄/가을철, 12~2월은 겨울철로 적용하여 EU국가의 주행특성과 비교한 결과 계절에 따른 시간대별 운행특성 중 운행비율이

Table 5. Analysis result of driving information.

Category	Average	Standard deviation (σ)	Maximum	Minimum
One trip driving time	0:26:08	0:25:09	2:58:49	0:01:01
One trip length (km)	15.72	22.45	286.87	0.06
Cold length (km)	2.53	7.97	233.33	0.00
Fuel economy (km/L)	9.49	3.92	19.90	3.10

* Total 29,968 trip

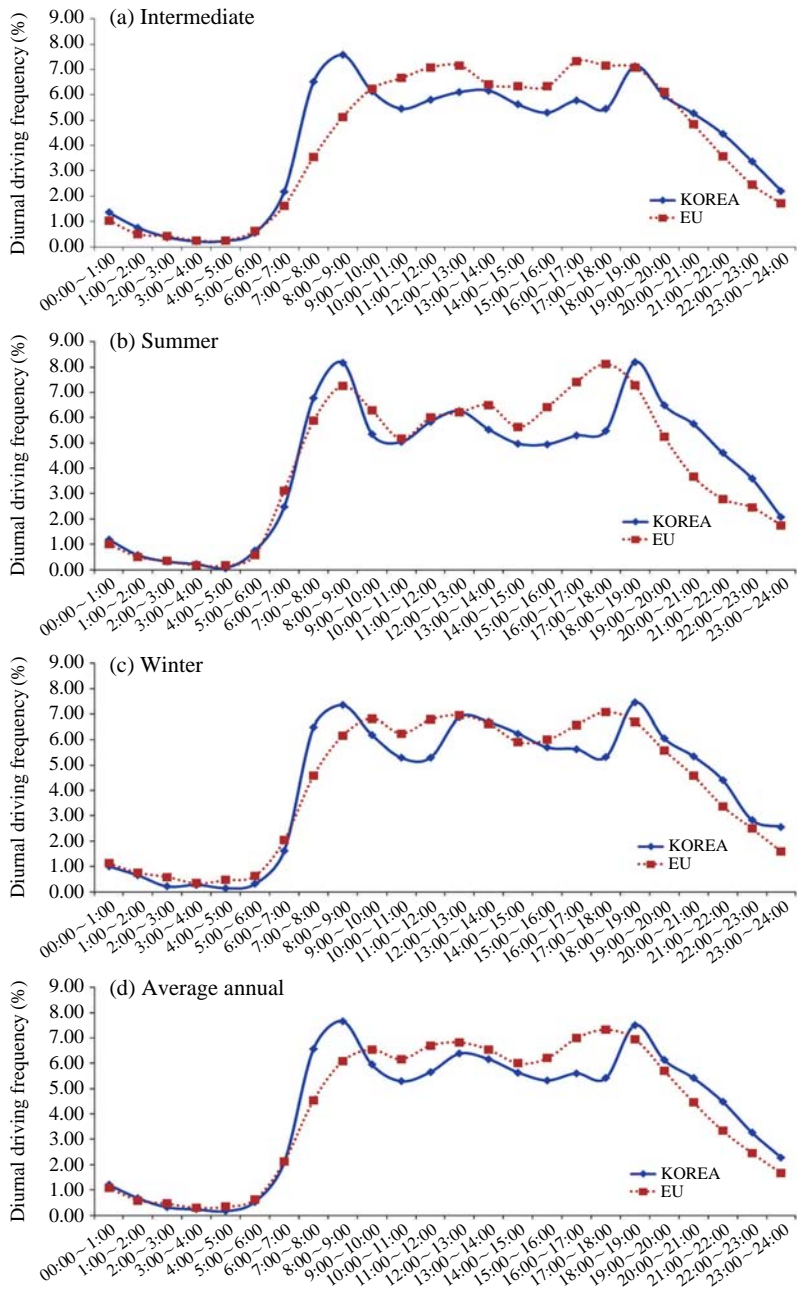


Fig. 1. Comparison of diurnal driving frequency of each season in Korea (2012) and EU (2007).

밀집되어 있는 시간대가 상이한 결과를 보였으며, 국내의 경우 주중 출근 시(7~9시)와 퇴근 시(18~20시)의 운행비율이 약 27.9%로 집중되어 나타났다. 특히 EU국가에 비해 오전 7~9시 사이의 운행비율이

매우 높게 나타났는데 이는 우리나라의 출근시간이 EU국가보다 빠른 것으로 판단할 수 있다(그림 1).

분석 대상차량의 사용 용도별 구분에 따른 주행특성을 비교한 결과, 출퇴근용 차량의 경우는 본 연구

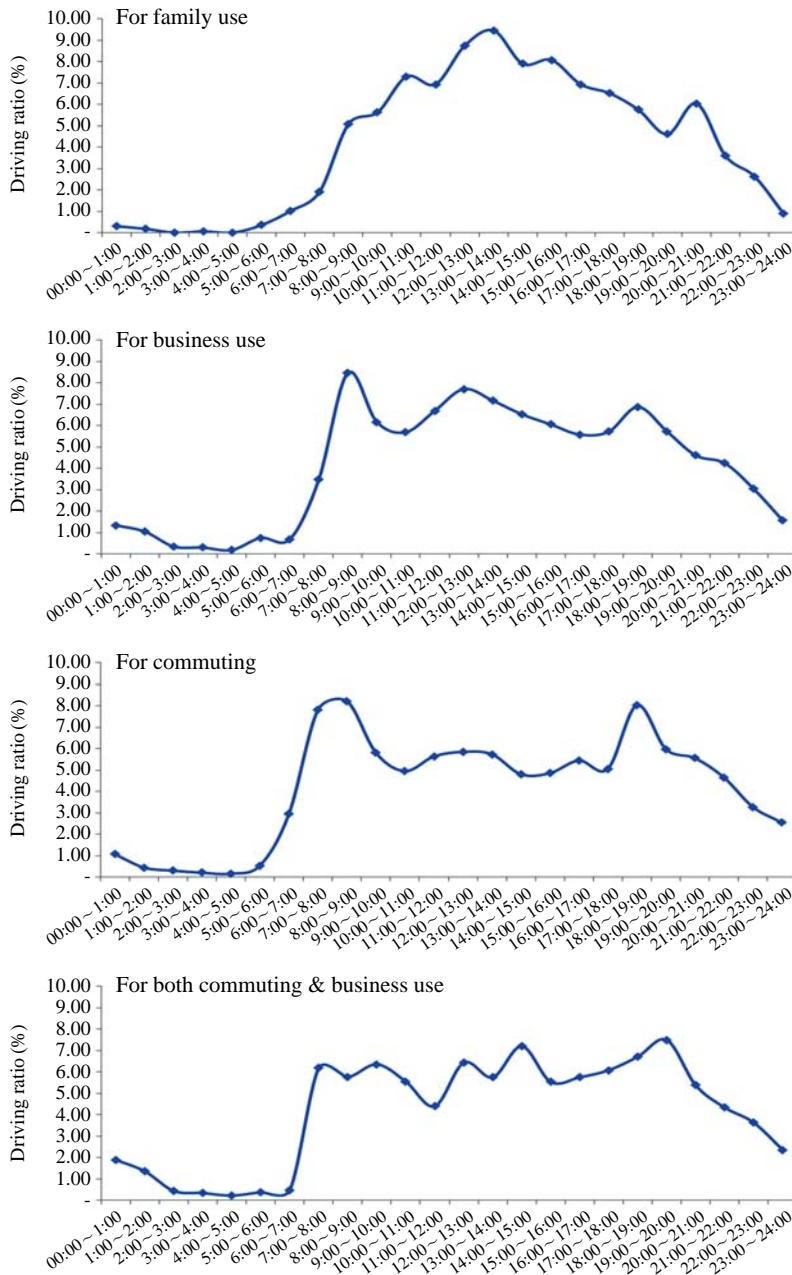


Fig. 2. Diurnal driving distribution according to driving purpose in Korea.

의 전체 자료에 대한 주행특성과 비슷한 경향을 보였으나, 가정용이나 업무용, 출퇴근을 겸한 업무용의 경우 출퇴근 시간대보다는 정오시간을 기준으로 운행비율이 높게 나타났다(그림 2). 또한, 주중과 주말

의 주행특성을 확인하면 주말의 경우 10시부터 19시 사이의 운행비율이 전체의 약 65.5%를 차지하고 있었으며, 이는 주말 여가활동으로 인한 이동의 결과로 사료된다(그림 3).

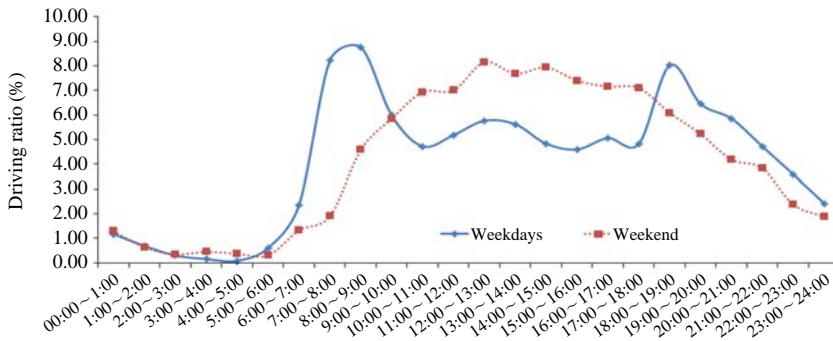


Fig. 3. Comparison of diurnal driving distribution on weekdays and weekends.

Table 6. Analysis of one trip length by driving purpose.

Category		Average	Standard deviation (σ)	Maximum	Minimum
Family use (1,670 trip)	One trip driving time	0:27:43	0:28:20	2:57:30	0:01:01
	One trip length (km)	15.47	24.31	253.56	0.08
	Cold length (km)	1.59	2.56	38.92	0.00
	Fuel economy (km/L)	9.95	4.05	19.90	3.10
Business use (4,406 trip)	One trip driving time	0:29:06	0:28:45	2:58:03	0:01:02
	One trip length (km)	20.25	29.77	255.04	0.08
	Cold length (km)	4.06	14.73	233.33	0.00
	Fuel economy (km/L)	9.11	4.22	19.90	3.10
Commuting (18,797 trip)	One trip driving time	0:25:12	0:24:09	2:58:42	0:01:01
	One trip length (km)	14.94	20.28	286.87	0.06
	Cold length (km)	2.51	6.69	163.84	0.00
	Fuel economy (km/L)	9.87	3.93	19.90	3.10
Commute & business (5,095 trip)	One trip driving time	0:26:31	0:24:03	2:58:49	0:01:01
	One trip length (km)	14.77	21.56	276.49	0.09
	Cold length (km)	1.61	3.97	117.66	0.00
	Fuel economy (km/L)	8.25	3.25	19.70	3.10

3. 2 냉간 배출거리 추정 결과

본 연구에서 분석된 29,968 Trip 자료의 총 주행거리는 471,020 km, 냉각수 정상온도까지의 도달거리는 75,902 km로 조사되었으며, 이를 통해 냉간 배출거리 비율이 약 16.11%로 분석되었다. 이를 용도별로 보면 주로 주간시간대에 운행빈도가 높은 가정용의 경우 냉간 배출거리 비율이 10.25%로 가장 낮았고, 업무용이 20.04%로 가장 높은 냉간 배출거리 비율을 보였으며, 출퇴근용이 16.80%, 출퇴근을 겸한 업무용이 10.93%로 나타났다. 또한 차량 연료별로 냉간 배출거리 비율을 살펴보면 경유, LPG, 휘발유 차량이 각각 20.63%, 15.40%, 11.11% 순으로 나타났다. 이는 경유를 연료로 하는 차량의 엔진이 예열되

고 냉각수 온도가 정상범위에 도달할 때까지의 시간이 LPG나 휘발유 엔진 차량보다 오래 걸리기 때문이라고 판단된다.

냉간 배출거리의 계절별 차이를 확인하기 위해 자동차 운행정보를 수집한 9개월을 계절별로 구분하여 분석하였으며, 계절별로 분석된 평균 연비와 평균 공회전을 등은 비슷한 수준으로 나타났지만 1회 평균 주행거리와 평균 운행시간의 경우 겨울철이 여름철이나 봄/가을철에 비해 약간 높게 나타났다. 이는 겨울철 날씨의 영향 때문에 자가운전을 통한 운행빈도는 높아지고 평균 운행시간이 길어지는 것이라고 판단된다.

표 7에서 볼 수 있듯이 Trip당 운행시간, 연비, 공

Table 7. Result of seasonal analysis.

Analysis items	Intermediate	Summer	Winter
Number of trips	12,902	7,930	9,136
Average driving time of one trip	0:25:13	0:25:30	0:28:00
Standard deviation (σ)	0:24:57	0:24:23	0:25:57
Maximum	2:58:49	2:58:12	2:58:42
Minimum	0:01:01	0:01:02	0:01:01
Average fuel economy (km/L)	9.66	9.41	9.32
Standard deviation (σ)	4.02	3.86	3.82
Maximum	19.90	19.90	19.90
Minimum	3.10	3.10	3.10
Stopping ratio (%)	24.72	26.26	24.86
Standard deviation (σ)	14.29	14.14	14.45
Maximum	84.68	89.71	91.28
Minimum	0.00	0.00	0.00
One trip length (km)	15.36	14.95	16.88
Standard deviation (σ)	22.06	21.39	23.80
Maximum	286.87	276.49	271.26
Minimum	0.06	0.07	0.07
Cold emission length in trip (km)	1.94	1.23	4.50
Standard deviation (σ)	6.70	4.12	11.16
Maximum	226.70	152.27	233.33
Minimum	0.00	0.00	0.00
Ratio of cold-start* (%)	12.65	8.22	26.63

* Cold emission length in trip (km) / One trip length (km)

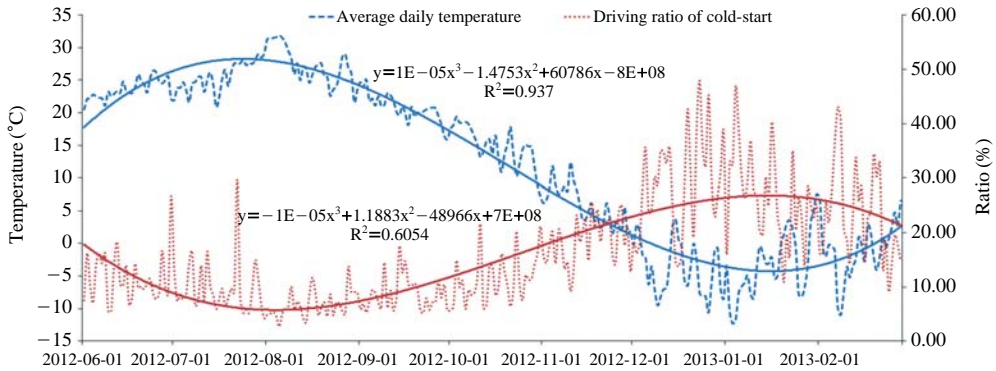


Fig. 4. Comparison of driving ratio of cold-start and average daily temperature in Suwon.

회전율 등은 큰 차이를 보이고 있지 않지만 냉간 배출거리 비율의 경우 타 계절에 비해 겨울철이 상당히 높은 수준(26.63%)으로 나타났으며, 이는 외기 온도의 영향이 지배적이라고 판단된다.

3.3 냉간 배출거리와 외기 온도 상관관계 분석 결과

COPERT III에서 냉간 배출거리 비율(β_1)을 추정

하기 위한 경험식(식 2)은 1회 주행거리와 외기 온도의 함수로 표현되고 있다. 따라서 본 연구에서도 냉간 배출거리를 산정하기 위한 주요 인자인 냉각수 온도 또한 외기 온도의 영향이 지배적일 것이라 판단하여 대상기간의 외기 온도와 냉간 배출거리 비율의 관계를 분석하였다. 장착대상 차량이 대부분 경기 남부지역에서 운행되고 있었기 때문에 외기 온도는 2012년 6월 1일부터 2013년 2월 28일까지 수원지역

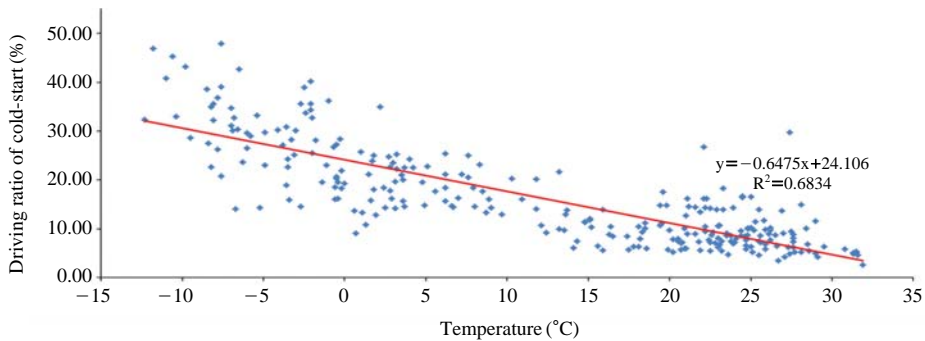


Fig. 5. Correlation analysis between driving ratio cold-start and average daily temperature in Suwon.

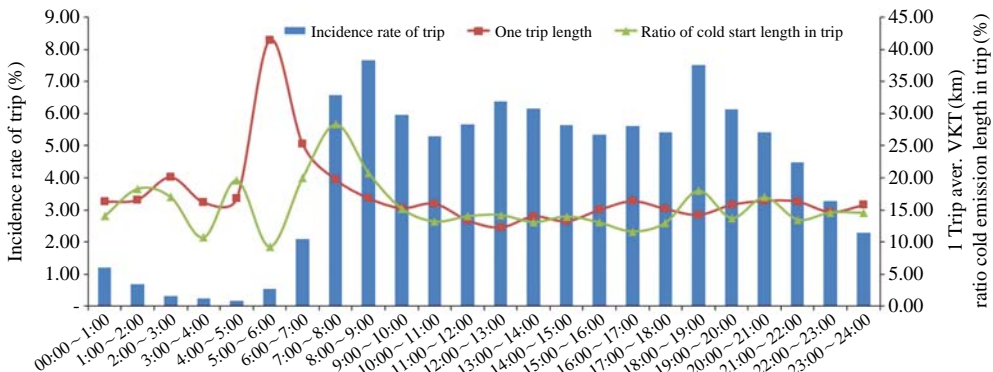


Fig. 6. Comparison of incidence rate, one trip length and ratio of cold start length in trip by time.

의 일평균 기온(KMA, 2012)을 적용하였다. 대상차량의 해당일 평균 냉간 배출거리 비율과 외기 온도를 분석하여 비교한 결과 그림 4와 같이 명확하게 반비례하는 관계로 나타났으며, 외기 온도와 냉간 배출거리 비율은 역상관관계로 분석되었다(그림 5).

3.4 시간대별 1회 주행거리와 냉간 배출거리 비율 분석 결과

계절 및 월별 특성과 더불어 하루 중 시간대별 특성을 파악하기 위해 1회 평균 주행거리와 냉간 배출거리 비율, Trip 발생 빈도를 비교하였다(그림 6). 오전 5시에서 6시 사이에 발생한 Trip의 경우 빈도는 다른 시간대에 비해 매우 낮지만 1회 평균 주행거리는 41.52 km로 전체 평균인 15.72 km에 비해 매우 길게 나타났고, 이에 반해 냉간 배출거리 비율은 평균치인 16.11%보다 낮은 9.28%이었다. 이는 오전

5~6시에 발생한 Trip의 경우 외기 온도는 낮지만 장거리 이동을 목적으로 하기 때문에 냉간 배출거리 비율이 상대적으로 낮게 산출된 것으로 분석되었다.

반면 오전 7시에서 9시 사이에 발생한 1회 평균 주행거리는 전체 평균(15.72 km)과 비슷한 수준이지만 일중 외기 온도가 낮기 때문에 냉간 배출거리 비율이 24.55%로 타 시간대 및 평균(16.11%)에 비해 상당히 높음을 알 수 있었다. 또한 같은 시간대의 Trip 발생 빈도가 전체의 14.25%를 차지하기 때문에 이를 고려하면 하루 중 냉간 배출에 대한 가중치가 높을 것으로 사료된다.

3.5 COPERT 경험식과 본 연구 냉간 배출거리 조사 결과 비교

EU의 COPERT III에서 사용하고 있는 냉간 배출거리 비율(β_3) 추정 경험식과 본 연구를 통해 조사된

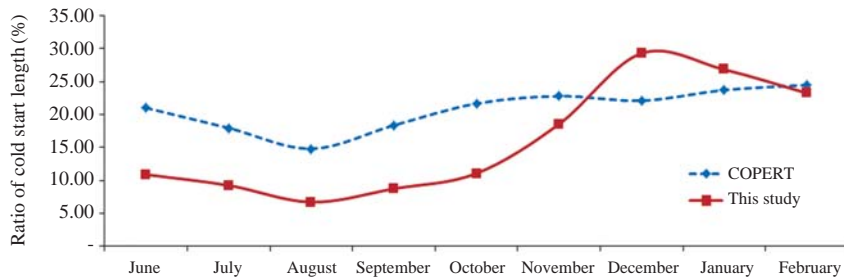


Fig. 7. Comparison of monthly β value between COPERT equation and this study.

냉간 배출거리 비율 결과를 비교하였다. 식 2의 경험식에 월별 평균기온과 월별 1회 평균 주행거리를 대입하여 β 값을 산출하였고, 냉각수 온도를 기준으로 조사한 본 연구의 냉간 배출거리 비율을 비교한 결과, 연평균 값은 COPERT 수식의 20.92%, 본 연구의 16.11%로 차이를 보이고 있으며 월별로 비교했을 경우 계절변화에 따라 최대 10.60%의 큰 차이를 보였다. 이는 COPERT III 수식을 통해 산출한 값의 경우 월별로 자료를 구분하여 월평균기온을 적용하고, 텔레매틱스를 이용한 방법의 경우 해당 Trip에 대한 냉각수 온도 변화를 토대로 분석하였기 때문에 β 값의 차이가 발생하는 것으로 나타났다(그림 7). 따라서 향후 국내 기후 및 운행행태가 고려된 한국형 냉간 배출거리 비율 추정식 개발이 필요하다고 사료되며, 이는 본 연구에서의 정량화할 수 있는 텔레매틱스 기술이 적용된 자동차 운행정보 수집 계측기를 활용하여 운행정보 등의 활동자료를 수집하고, 중부권, 남부권, 산간·해안 등 지역 또는 도시·권역별 외기 온도 변화를 연계하여 분석하면 우리나라 실정에 맞는 β 값 추정식을 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 도로 이동오염원의 대기오염물질 및 유해대기오염물질의 배출량 산정 시 필요한 냉간 배출량(Cold emission)의 정확도를 높이기 위해 국내에서 운행되고 있는 자동차에 텔레매틱스를 적용한 운행정보 계측기를 장착하여 필요한 활동자료를 수집·분석하고, 이를 기반으로 실제 운행 자동차의 주행특성이 반영된 1회 주행거리 및 냉간 배출거리 그

리고 냉간 배출비율을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 용도와 연료, 배기량 등으로 구분한 운행정보 수집대상 차량으로부터 29,968 Trip 자료를 수집하여 분석한 결과 약 2.22회/일의 Trip이 발생한 것으로 나타났다. 1회 평균 주행거리는 15.72 km로 분석되었으며 평균 1회 운행시간은 26분 08초, 평균 공회전율은 25.17%로 분석되었다.

2) 엔진냉각수 온도가 80°C 이상일 경우를 엔진 열간(Hot) 상태로 보고, 냉각수 온도가 80°C까지 도달하는 시간 및 거리를 분석하여 각 차량의 Trip별 주행거리 중 냉간 배출 주행거리(km)를 분석하여 냉간 배출거리 비율(β)을 산출한 결과 약 16.11%로 나타났으며, 용도별, 연료별로 큰 차이를 보였다. 특히 계절에 따라 겨울철에 26.63%로 가장 높게 나타났고, 봄/가을철 12.65%, 여름철 8.22%로 분석되었다.

3) 냉간 배출에 의한 시간대별 가중치를 확인하기 위해 시간대별로 Trip 발생 빈도와 냉간 배출거리 비율, 1회 평균 주행거리를 상호 비교한 결과 오전 7시에서 9시 사이의 1회 평균 주행거리는 전체 평균(15.72 km)과 비슷한 수준이지만 Trip 발생 빈도가 다른 시간대에 비해 높고, 냉간 배출거리 비율도 평균(16.11%)에 비해 상당히 높은 24.55%로 같은 시간대에 냉간 배출(Cold start emission)로 인한 가중치가 매우 높을 것으로 판단된다.

4) EU의 COPERT III에서 사용하고 있는 냉간 배출거리 비율(β) 추정 경험식을 통해 산출된 값과 본 연구를 통해 분석된 값을 비교한 결과 연평균 값은 COPERT 수식의 20.92%, 본 연구의 16.11%로 차이를 보이고 있으며, 월별로 비교했을 경우 최대 10.60%의 큰 차이를 보였다.

본 연구에서의 텔레매틱스 기술이 적용된 자동차 운행정보 수집 계측기를 활용하여 운행정보 등의 활동자료를 수집하고, 지역 또는 도시·권역별 외기 온도 변화를 연계하여 분석하면 우리나라 실정에 맞는 β 값 추정식을 개발할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원 교통환경연구소의 오토-오일 사업 “자동차의 유해독성물질 배출량 산출 및 배출통계 시스템 구축 연구(2차년도)”의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

Barlow, T.J. and P.G. Boulter (2009) Emission factors 2009: Report 2 - A review of the average speed approach for estimating hot exhaust emissions from road vehicles, UK Transport Research Laboratory.

Boulter, P.G. and S. Latham (2009) Emission factors 2009: Report 4-a review of methodologies for modelling cold-start emissions, UK Transport Research Laboratory.

Boulter, P.G., T.J. Barlow, S. Latham, and I.S. McCrae (2009) Emission factors 2009: Report 1 - A review of methods for determining hot exhaust emission factors

for road vehicles, UK Transport Research Laboratory.

Cho, K.-T. (2002) Development of Nested top down approaches to improve the spatial resolution of vehicular air pollutant emission, Ph.D. Thesis, Graduate School of Environmental Study, Seoul National University.

European Environment Agency (2012) EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009, updated May 2012, EEA, pp. 33-40.

Hickman, A.J. (1999) Methodology for calculating transport emissions and energy consumption, UK Transport Research Laboratory.

Jang, Y.-K., J. Kim, S.-J. Choi, J.-S. Kim, C.-Y. Seo, and J.-H. Son (2013) Estimation of Gaseous Hazardous Air Pollutants Emission from Vehicles, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 29(1), 1-9. (in Korean with English abstract)

Jang, Y.-K., K.-D. Jo, D.-Y. Kim, and G.-T. Cho (1997) Estimation of Mobile Source Emission by Using GIS, Proceeding of Korean Society for Atmospheric Environment in Fall, 100-102.

Korea Meteorological Administration (2012) Annual Climatological Report, KMA, pp. 70-72.

Metropolitan Transportation Authority (2007) 2006 Seoul Metropolitan Household Travel Survey, MTA, pp. 94-96.

Straif, K., L. Tallaa, N. Gaudin, and F. Chaib (2012) IARC: Diesel engines exhaust carcinogenic, International Agency for Research on Cancer (WHO).