

실차 운행정보를 활용한 온실가스 배출지표 분석 방법에 대한 연구

김용범* · 김필수** · 한용희** · 이헌주*** · 장영기**

(주)휴디콤, **수원대학교 환경에너지공학과, ***교통안전공단

A Study on the Analysis Method of Emission Intensity of GHGs utilizing Real World Vehicle Driving Information

Kim, Yong Beom*, Kim, Pil Su**, Han, Yong Hee**, Lee, Heon Ju*** and Jang, Young Kee**

*Hudicom, Anyang, Korea, **Dept. of Environment & Energy Engineering, Suwon University, Hwaseong, Korea

***Korea Transportation Safety Authority, Gimcheon, Korea

ABSTRACT

In this study, the emission intensity calculation method of GHGs was developed by considering the characteristics of the models and time series. The telematics device was installed on the car (OBD-II) to collect information on the operation conditions from each sample vehicle of public authorities. Based on emission intensity of GHGs, it presented a methodology of quantitative comparison of GHGs emission by vehicles. Collected driving information of vehicle was used for operating characteristics analysis of the target vehicle, and it was confirmed different operating characteristics through comparison of the results and previous study. GHGs emission intensity were analyzed considering characteristics of vehicle type by passenger car, van, cargo, and considering characteristics of the time series by summer, winter, and intermediate. From the analysis result, it was calculated GHGs emission intensity based on mileage (g CO₂ eq./km) and operating time (g CO₂ eq./sec).

Key words: Real World Vehicle Driving Information, Driving Pattern, GHGs, Intensity of GHGs

1. 서 론

정부의 온실가스 저감정책을 지역이나 세부 차종 등 미시적 측면으로 적용하기 위해서는 동일한 관점에서의 현황을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 국내 교통부문 온실가스 배출량을 산정하는 하향식 방법론(Top-down approach) 뿐만 아니라, Tier 3 수준의 상향식 방법론(Bottom-up approach)과 관련된 연구가 지속적으로 진행되고 있지만 아직까지 상향식 방법론을 통한 배출량 산정에 이용되는 활동도 자료 및 배출계수에는 한계성이 있다(Park, 2014). 하지만 현행 속도와 통행량과 같은 도로기반 교통자료의 경우, 최초 생성 및 수집의 목적이 도로 유지 및 교통수요를 관리하기 위한 목적으로 우선 설계되었기 때문에, 효과적인 저감정책 수립 및 평가를 위해서는 배출 주체인 자동차 관점에서의 활동자료 수

집이 필요하다.

또한, 온실가스 감축 잠재량이 가장 높을 것으로 판단하고 있는 친환경운전에 대해 정성적인 감축목표 달성 확인이 아닌 실제 자동차 운행 시 수집할 수 있는 정보를 통해 정량적으로 달성 여부를 평가할 수 있는 온실가스 배출지표 개발이 필요하다.

본 연구에서는 실제 운행 중인 자동차의 배출가스 자기진단장치(OBD-II, On-Board Diagnostics)를 통해 운행정보를 수집할 수 있는 체계를 구성하고, 운행정보 분석을 통해 배출원 단위인 개별 자동차를 대상으로 차종 및 시계열 특성이 고려된 온실가스 배출지표 산정 방법을 개발하여 산정된 온실가스 배출지표를 정량적으로 비교하고자 하였다. 이를 위해 수집된 자동차 운행정보를 비교·분석할 수 있는 방법을 개발하고, 운행정보 분석을 통해 자동차별 운행패턴 및 온실가스

† Corresponding author : psukim@daum.net

Received February 11, 2016 / Revised March 4, 2016 / Accepted March 14, 2016

배출지표에 영향을 줄 것으로 예상되는 인자를 분석하고자 하였다.

2. 자동차 운행 활동자료 분석 방법

2.1 자동차 운행정보 수집 및 분석 방법

본 연구에서는 수집하고자 하는 자동차 운행 활동자료를 비교·분석할 수 있는 방법 연구와 운행정보 분석을 통한 온실가스 배출지표 산정 및 배출지표에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상되는 인자 간의 상관성을 분석하였다. 이를 위해 자동차 운행정보 수집 대상은 공공기관(지자체)에 등록되어 공공 또는 보편적 서비스를 위해 해당 관내를 운행하는 자동차로 한정하고, 총 30대의 표본을 선정하였다. 표본 차종을 선정하기 위해 국내 등록되어 있는 관용 자동차 현황을 분석하였으며, 2014년 12월 기준 약 75천 대가 등록되어 있고, 이 중 화물차의 비율이 가장 높았으며, 특수차의 비율이 가장 낮았다(Table 1). 따라서 본 연구에서는 국내 관용차량 등록비율을 고려하여 30대의 표본 자동차의 차종 비율을 비슷한 수준으로 선정하였으며, 등록비율이 가장 낮은 특수차는 본 연구의 운행정보 수집 대상에서 제외하였다. 본 연구의 Data 수집 대상은 공공 업무 수행 등 보편적인 공공 서비스를 위해 운행 중인 자동차

Table 1. Domestic public vehicle registration number

Category	Registration number	Ratio (%)
Total	75,363	100.0
Passenger car	26,521	35.2
Van	18,123	24.0
Cargo	28,321	37.6
Special purpose vehicle	2,398	3.2

Source : MOLIT, 2014.

를 대상으로 승용차 11대(36.7%), 승합차 6대(20.0%), 화물차 13대(43.3%)로 선정하였으며, 수집 대상 자동차의 정보는 Table 2와 같다.

자동차 운행정보를 수집하기 위해서 30대의 대상 자동차별 배출가스 자기진단장치에 운행정보 수집장치를 장착하고, 초 단위 운행정보를 무선통신을 이용하여 수집 서버로 전송하여 저장하였다(Fig. 1).

본 연구에서 수집한 자동차 운행정보 항목은 분석하고자 하는 온실가스 배출지표를 도출할 수 있는 인자를 대상으로 2014년 4월 1일부터 2015년 3월 31일까지 1년간 총 43,500,350개의 초 단위 자료를 수집하였다. 1회 운행(1 Trip)을 자동차 시동 On/Off를 기준으로 시동을 켜고, 운행종료 후 시동을 끌 때까지의 상태로 정의하고, 초 단위로 수집된 운행정보를 이용하여 위 정의에 따른 Trip 및 관련 항목을 Table 3과 같이 생성하였다. 이를 기반으로 운행패턴이나 온실가스 배출지표와 관련된 인자를 분석하였고, 수집된 운행정보 중 시동 On/Off 시간 정보와 운행거리, 차속, 연료분사량, 냉각수 온도 등의 정보를 주 분석대상으로, 그 밖의 엔진 RPM, 대기온도, 가속 페달 동작 여부 등은 운행정보 중 오류데이터를 검증하는데 이용하였다.

2.2 자동차 운행 활동자료 비교 분석

Table 2. Analysis number by vehicle type in this study

Category	Number (%)	Type of fuel (%)	
		Gasoline	Diesel
Total	30 (100.0)	8 (26.7)	22 (73.3)
Passenger car	11 (36.7)	8 (26.7)	3 (10.0)
Van	6 (20.0)	-	6 (20.0)
Cargo (truck)	13 (43.3)	-	13 (43.3)



Fig. 1. Collection methodology of driving information.

Table 3. Analysis items of driving information

Analysis unit : Trip	
- Operating time (sec)	- Fuel consumption in trip (L)
- Driving time of trip (sec)	- Average fuel economy (km/L)
- Idling time (sec)	- Number of rapid acceleration/ deceleration
- Idle ratio (%)	- Time to reach the coolant normal temperature (sec)
- Average speed at the time of operation (km/h)	- Distance to reach the coolant normal temperature. (m)
- Average speed when driving (km/h)	- Fuel consumption at unheated engine
- Maximum speed (km/h)	
- One trip length (km)	
- Total mileage (km)	

2.2.1 자동차 운행일지(Driving Record Diary) 분석

본 연구의 운행정보 수집 대상은 공공기관(지자체)에서 관용으로 등록하여 운영하는 자동차이기 때문에 해당 지자체에서 회계정보 기반으로 자동차 운행일지를 관리하고 있다. 따라서 본 연구에서 수집한 운행정보를 검증하기 위하여 수집 기간동안의 운행일지 자료를 분석하고, 이를 수집된 운행정보와 비교·분석하였다.

자동차 운행일지 중 이용 건별 또는 일별 운행거리는 수기로 기록되지만, 자동차 계기판에 표시되는 운행거리를 기록하기 때문에 비교적 정확하다고 판단하였다. 유류현황 자료 중 소비량은 대부분 운전자 경험치에 의해 수기로 작성되고 있기 때문에 정보의 불확실성이 높을 수 있지만, 공공기관의 특성 상 연료구매량에 대한 정보는 회계 기반의 비용정산 자료와 일치하여야 하기 때문에 명확한 정보라고 판단하였으며, 지자체 회계의 경우 대부분 분기 또는 반기로 구분하여 정산을 시행하기 때문에 분기단위의 연료구매량 정보를 기반으로 분석하였다.

2.2.2 자동차 운행정보(Driving Information) 분석

자동차 운행정보를 검증하기 위해서는 지자체에서 관리하고 있는 운행일지와 비교할 수 있는 인자를 설정해야 하고, 이를 위해 수집된 자동차 운행정보를 세부적으로 분석하였다. 운행일지와 운행정보를 비교하기 위한 운행 활동자료는 운행거리(km)와 연료사용량(L)으로 설정하였으며, 회계 기반의 운행일지와 비교를 위해 수집된 운행정보를 분기 단위로 분석하였다.

자동차 운행일지 자료와 비교를 위해 동 기간 내 대상 자동차에서 수집된 운행정보를 기반으로 분석한 발생 Trip 수는 38,405회로 산출되었고, 총 운행시간은 9,402시간 05분 50초이며, 총 운행거리는 183,783 km로 분석되었다. 이를 차종별로 구분하여 분석한 결과는 Table 4와 같다.

2.2.3 자동차 운행 활동자료

본 연구에 자동차 운행정보를 적용하기 위해 Trip 단위로 분석한 자료 중 운행거리와 연료사용량 정보를 비교 인자로 설정하였고, 두 인자를 운행일지 분석 결과와 비교하여 Fig. 2와 같은 결과를 도출하였다. 그 결과, 운행거리와 연료사용량 정보의 오차율이 ±1~4% 정도로 분석되었다.

2.3 자동차 운행정보 인자 분석

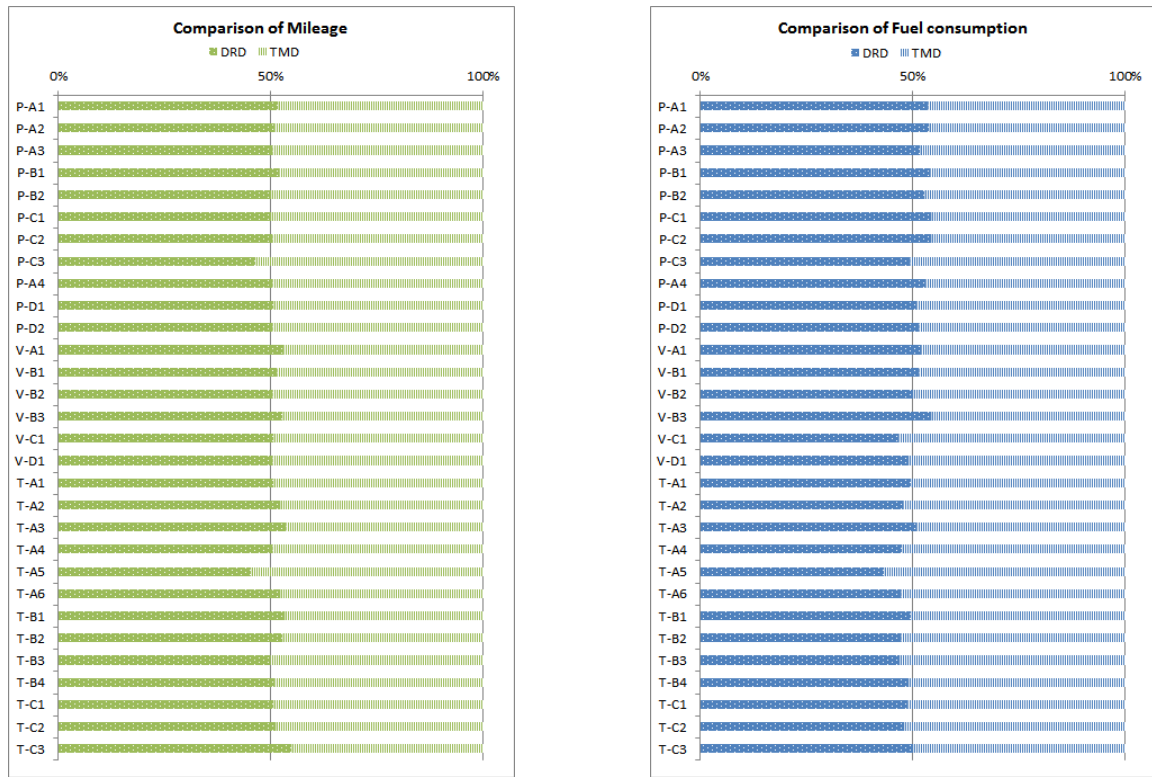
2.3.1 자동차 운행정보 인자 정립

자동차 운행정보 수집장치를 이용하여 수집된 운행정보를 기반으로 대상 자동차별 인자를 비교·분석하였다. 본 연구에서 채택한 운행정보 인자는 온실가스 배출지표를 분석하기 위한 기초 인자이면서 관용 자동차의 대표성을 가질 수 있어야 하기 때문에, 운행시간(Operating time), 공회전 시간(Idling time), 운행시간 중 공회전 시간을 제외한 주행시간(Driving time), 운행거리(Mileage), 평균연비(Average fuel economy), 급가감속 횟수(Number of Rapid acceleration/deceleration), 엔진 미가열 배출비율(Cold emission rate)로 정립하고, 해당 자동차

Table 4. Analysis results of the driving information

Division (Unit)	Trip (Num.)	Operating time (sec.)	Driving time (sec.)	Idling time (sec.)	Idle ratio (%)
Total	38,405	33,847,550	20,246,424	13,601,126	40.2
PC ¹⁾	13,627	11,698,775	6,964,900	4,733,875	40.5
Van	3,844	4,684,421	3,116,820	1,567,601	33.5
Truck	20,934	17,464,354	10,164,704	7,299,650	41.8

¹⁾ Passenger car



- 1) DRD : Data based on the driving record diary
- 2) TMD : Data based on the on-board telematics device

Fig. 2. Comparison of mileage and fuel consumption of driving record diary and driving information.

및 차종별로 비교하였다.

2.3.2 자동차 운행정보 인자 분석 결과

본 연구 대상 자동차의 1 Trip 평균 운행시간은 15분 14초이며, 1 Trip 운행거리는 평균 4.9 km로 분석되었으며, 차종별 운행정보 인자의 분석 결과는 Table 5에 정리하였다. Kim et al.(2013)에 기술된 1 Trip 기준 평균 운행거리(15.7 km)와 평균 운행시간(26분 08초) 분석 결과에 비해, 본 연구의 대상 자동차의 운행거리와 운행시간이 모두 낮은 것을 확인하였다 (Table 5).

자동차별 운행정보 인자를 분석한 결과, 승용차와 화물차의 경우 대부분 기본 업무 수행 및 관내 보편적 서비스의 목적으로 운행하기 때문에 1 Trip 운행시간이 평균 14~15분 정도 되고, 1 Trip 평균 운행거리도 4.3~4.5 km로 분석되었다. 이에 반해 주정차 단속 등 주요 민원해결을 위해 운행하는 승합차의 경우에는 1 Trip 평균 운행시간이 21분 35초, 1 Trip 평균 운행거리가 10.7 km로 승용차나 화물차에 비해 높게 나타났다.

Fig. 3은 자동차별 운행정보 인자를 분석하여 비교한 결과이며, 동일 차종이더라도 운행목적이나 패턴에 따라 운행정보 인자가 상이함을 확인하였다. 하지만 대체적으로 동일 차종별 특성이 유사한 형태로 분석되었으며, 특히 엔진 미가열 배출의 경우에는 경유를 주연료로 하는 자동차의 배출비율이 가솔린 엔진 자동차의 배출비율보다 높은 것을 확인하였다. 이는 기본적으로 디젤 엔진이 정상 온도에 도달하기까지 소요되는 시간이 가솔린 엔진보다 길고, 승합 및 화물차의 운행비율이 외기온도가 낮은 이른 오전시간에 높게 분포되어 있기 때문이라 판단된다.

또한 급가감속에 대한 인자를 분석하면 승용차와 화물차에 비해 승합차의 급가감속 횟수가 상당히 낮음을 확인하였고, 이는 주요 운행목적이 주정차 위반 단속을 위해 저속으로 지속운행을 하기 때문이라 판단되며, 이는 자동차 연비와도 연관되어 있을 것이라 판단하여 추가적으로 분석을 수행하였다.

Fig. 4의 (A)~(H)는 앞에서 분석된 자동차별 운행정보 인자를 기반으로 차종별 운행정보를 통합하여 분석한 결과이며, 이를 통해 대표성을 갖는 차종별 특성을 확인하였다.

Table 5. Analysis result of driving information parameters

	Category	Average	Standard deviation (σ)	Max.	Min.
Total	Operating time	0:15:14	0:19:24	3:55:50	0:00:21
	Idling time	0:06:05	0:10:54	3:15:31	0:00:00
	Driving time	0:09:09	0:10:53	2:45:09	0:00:03
	Milieage (km)	4.9	9.0	278.7	0.0
	Fuel economy (km/L)	7.2	3.5	30.0	0.0
	Rapid ac/deceleration	8.1	12.8	458.0	0.0
	Cold emission rate (%)	19.6	33.7	100.0	0.0
PC	Operating time	0:14:30	0:18:50	3:46:40	0:00:21
	Idling time	0:05:52	0:11:47	3:15:31	0:00:00
	Driving time	0:08:38	0:09:44	2:31:49	0:00:07
	Milieage (km)	4.5	7.7	156.1	0.0
	Fuel economy (km/L)	9.8	3.3	27.1	0.0
	Rapid ac/deceleration	7.7	10.6	178.0	0.0
	Cold emission rate (%)	10.2	24.0	100.0	0.0
Van	Operating time	0:21:35	0:24:07	3:19:30	0:00:21
	Idling time	0:07:09	0:09:27	2:21:22	0:00:00
	Driving time	0:14:27	0:18:18	2:45:09	0:00:07
	Milieage (km)	10.7	20.5	278.7	0.0
	Fuel economy (km/L)	6.0	3.0	17.5	0.0
	Rapid ac/deceleration	13.1	23.1	458.0	0.0
	Cold emission rate (%)	28.6	38.7	100.0	0.0
Truck	Operating time	0:14:40	0:18:43	3:55:50	0:00:21
	Idling time	0:06:04	0:10:29	3:04:15	0:00:00
	Driving time	0:08:36	0:09:41	2:03:58	0:00:03
	Milieage (km)	4.3	5.9	196.1	0.0
	Fuel economy (km/L)	5.7	2.4	30.0	0.0
	Rapid ac/deceleration	7.6	11.4	241.0	0.0
	Cold emission rate (%)	24.6	36.9	100.0	0.0

1 Trip을 기준으로 분석한 결과와 상이하게 총 운행시간 (A)이나 공회전 시간(B)은 화물차, 승용차, 승합차 순으로 분석되었으며, 총 운행거리(C)의 경우에는 화물차가 가장 높고, 승합차와 승용차가 비슷한 수준으로 분석되었다. 총괄적으로 화물차의 총 운행시간이 가장 높고, 그만큼 운행거리도 높는데

반해, 승용차의 경우 총 운행시간은 높은 편이지만, 운행거리가 낮은 것은 교통 상황이 반영되어 있는 시내 운행의 비율이 높기 때문이라고 판단되며, 화물차의 경우에는 시내 운행비율 보다는 시외곽의 운행비율이 높은 것으로 분석할 수 있다.

또한 차종별 급가속 횟수와 엔진 미가열 시 배출비율의

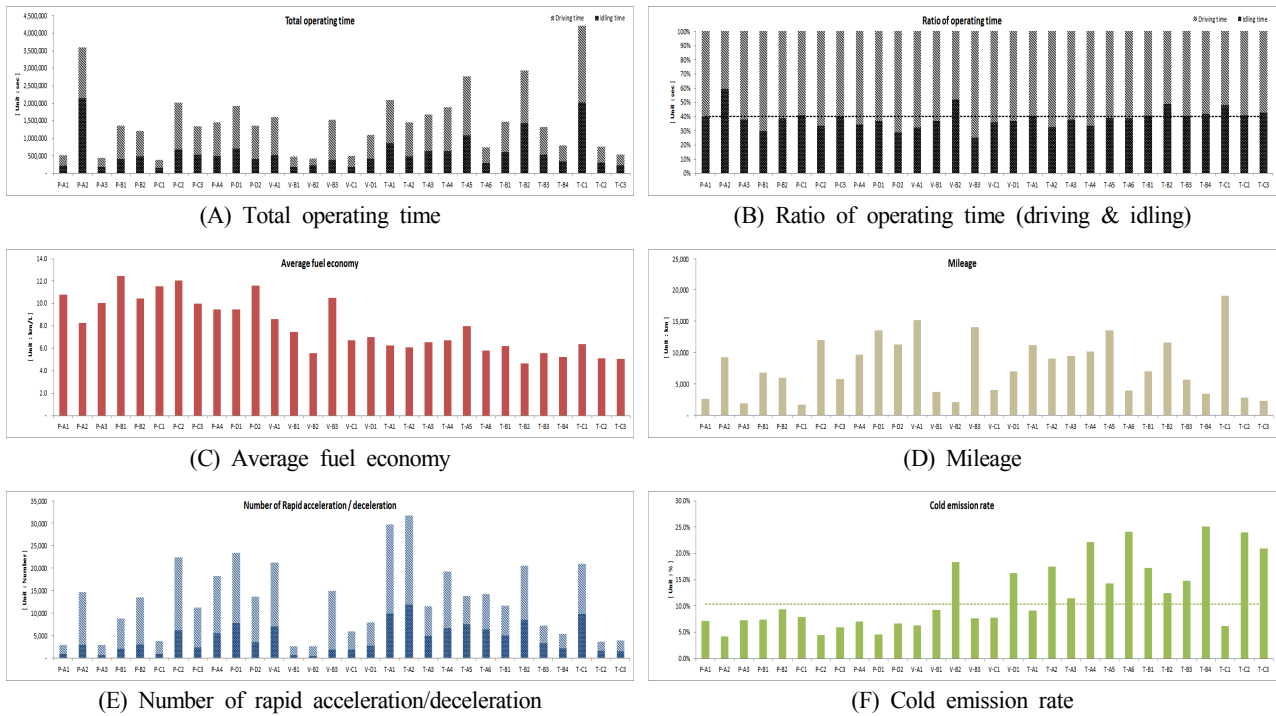


Fig. 3. Comparison of vehicle-specific driving information parameters.

분석결과는 Fig. 4의 (E)~(H)와 같고, 화물차의 급가속 빈도(F)가 가장 많은 것으로 확인되었으며, 급감속(G)의 경우는 시내 운행이 많은 승용차의 발생 빈도가 높은 것으로 분석되었다. 엔진 미가열 시 배출비율(H)은 앞에서 분석된 결과와 동일하게 디젤 엔진을 사용하는 승합 및 화물차가 승용차에 비해 높게 나타났다. 이 두 가지 운행인자는 자동차 연비와 가장 큰 상관성이 있다고 판단되며, 엔진 미가열 시 배출비율이 높고 급가감속 빈도가 높을수록 연비에 악영향을 미치는 것으로 판단된다.

2.3.3 자동차 운행정보 인자의 영향성 확인

앞에서 대상 자동차의 운행정보 인자를 분석하여 비교한 결과, 일부 인자는 자동차 연비와 상관성이 있을 것으로 판단하였고, 이를 차종별로 분류하여 운행정보 인자를 비교·분석하였다. 본 절에서는 Trip 기준으로 분석된 운행정보를 기반으로 본 연구에서 도출된 전체 평균 운행거리(4.9 km)를 기준으로 하여 ± 3 km 내로 운행된 정보를 추출(21,726 Trip)하고, 운행정보 인자 간 상관성을 확인하기 위해 연비 인자와의 관계를 확인하였다.

연비와 상관관계가 있을 것으로 예상한 운행정보 인자는 1) 운행 중 공회전 시간 비율, 2) 급가감속 횟수, 3) 엔진 미가열

시 배출비율로 크게 구분하여 각 인자와 연비에 미치는 영향성을 분석하였다.

연비와 운행정보 인자 간의 상관관계를 분석하였지만, 연비 인자의 경우에는 연료사용량과 운행거리의 두 가지 인자가 결합되어 있는 상태이기 때문에 세부적인 인자 간의 상관관계를 확인하기 위해 추가 분석을 하였다. 이를 위해 운행거리가 증가할수록 비례적으로 함께 증가하는 인자가 있을 것으로 판단하고, 해당 분석 Trip 정보 중 연비 인자에서 운행거리 인자를 제외한 연료사용량 인자와 각각의 운행정보 인자를 비교하였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이, 운행정보 인자와 연료사용량 간의 상관관계를 확인하였으며, 연료사용량에 영향을 줄 수 있는 인자의 정량적 지수를 도출하였다. 그래프에서도 볼 수 있듯이, 급가감속이 연료사용량에 미치는 영향(D)이 가장 큰 것을 확인할 수 있고, 이 중 급감속(F)보다는 급가속(E)의 영향이 매우 높은 것을 확인하였다. 급감속의 경우, Fuel cut으로 인하여 연료가 주입되지 않지만 영향을 미치는 인자가 된 이유는 앞 선 가속에서 연료의 연소로 발생시킨 에너지가 운동 에너지로 전환되지 않고, 마찰에너지로 손실되기 때문으로 판단된다. 또한, 운행 중 공회전 시간의 비율(A)의 영향과 엔진 미가열 시 연료사용량(C)도 연료사용량에 영향을 주는 인자

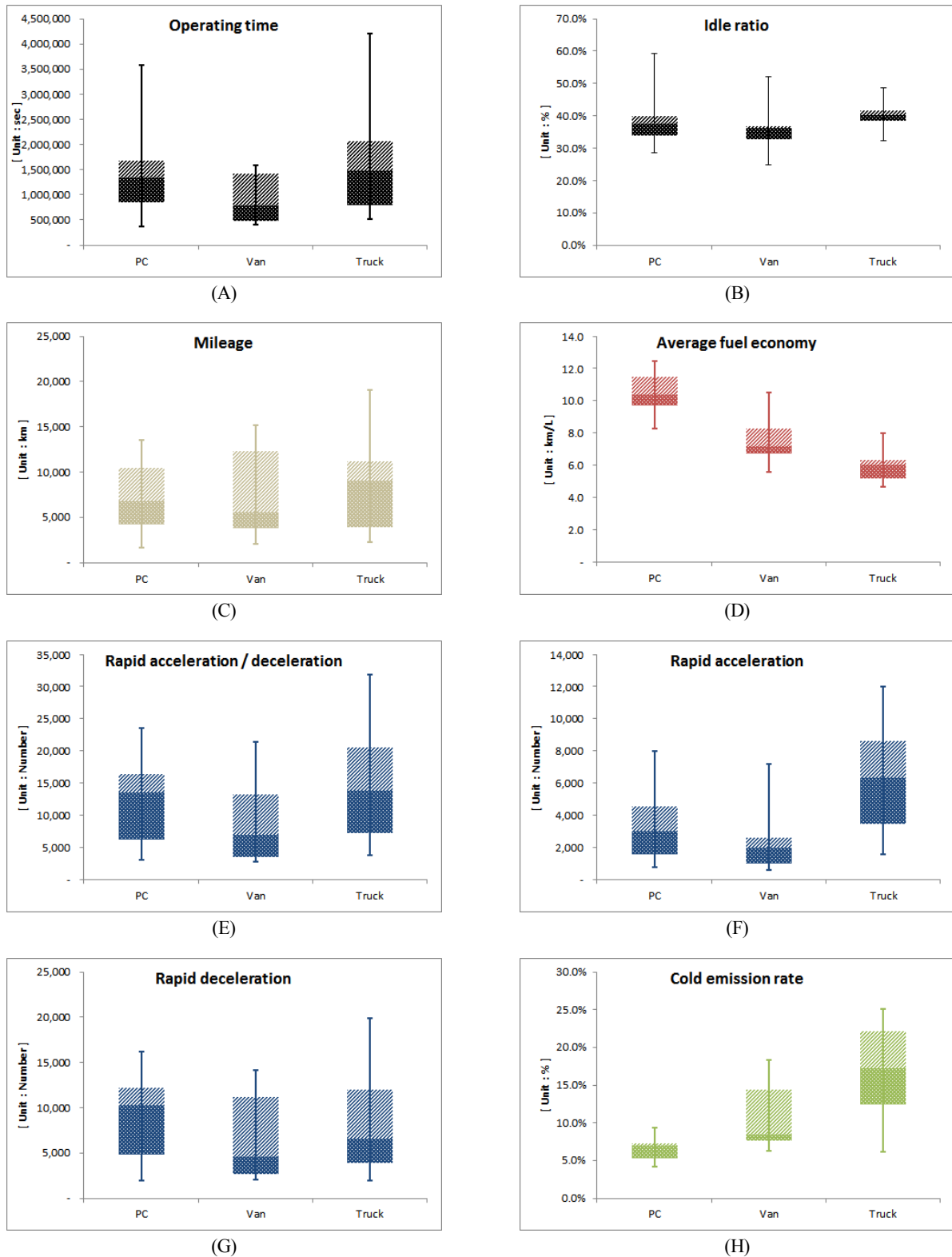


Fig. 4. Analysis result of driving information parameters of vehicle types.

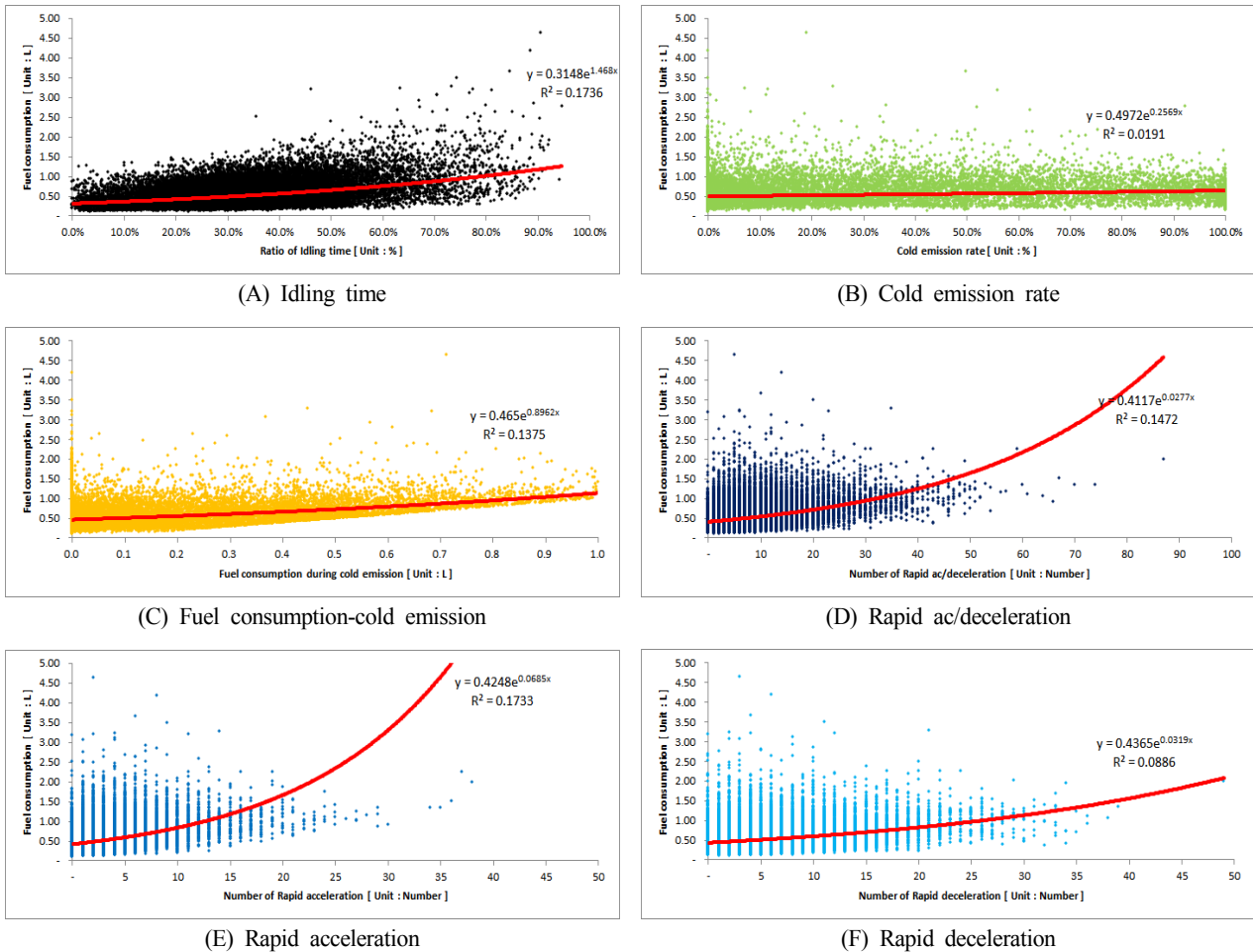


Fig. 5. Correlation analysis between fuel consumption and driving information parameters.

라는 것을 확인하였다.

결론적으로 자동차가 운행하면서 사용하는 연료사용량에 악영향을 줄 수 있는 인자들의 정상적인 영향 비율을 100%라고 가정하고, 이를 다중회귀분석을 통해 분석하면 가장 큰 영향을 주는 인자는 ‘급가속’ 인자로 약 50.4%의 연료사용량 증가의 영향을 주고, ‘급감속’ 인자는 약 23.8%, ‘공회전 시간’ 인자가 약 13.4%, ‘엔진 미가열 시’에 대한 인자가 약 12.4%의 영향을 주는 것으로 분석되었다.

3. 자동차 온실가스 배출지표 분석 및 평가

3.1 자동차 온실가스 배출량 산정 결과 분석

본 연구에서 분석하고자 하는 온실가스 배출지표는 배출량 산정 결과가 분석의 주요 인자이기 때문에 온실가스 배출량

을 산정하기 위해 적용하는 방법론이 중요하며, 이를 위해 온실가스 배출량을 산정하기 위한 두 가지 방법론을 적용하여 비교하였다.

운행일지에 기록되는 연료구매량 정보와 수집된 운행정보 중 연료사용량을 연료 기반 배출량 산정 방법론에 적용하여 산정하였고, 수집된 운행정보 중 평균 운행속도와 운행거리 정보를 활용하여 속도와 거리 기반 산정 방법론에 적용하였다. 세 가지 산정 결과를 비교하면 Table 6 및 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이, 연료 기반 배출량 산정 방법론을 적용한 두 결과는 운행일지를 기준으로 약 3~10% 정도의 오차를 보였고 이는 운행일지에 기록되어 있는 연료구매량 정보가 전량 사용되지 않은 정보이기 때문이라 판단된다. 연료 사용량 기반 두 가지 배출량 산정 결과에 비해 운행속도와 운행거리 기반의 배출량 산정 결과는 운행일지를 기준으로 약 23~26% 정도의 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

Table 6. Result of the GHGs emission for each methodology

Category (Unit)	DRD ¹⁾	TMD		DRD (%) ⁴⁾	TMD	
		Fuel ²⁾	Speed ³⁾		Fuel (%) ⁵⁾	Speed (%) ⁶⁾
		(ton CO ₂ eq.)				
Total	62.1	64.0	46.9	100.0	103.1	75.5
PC ⁷⁾	15.7	14.7	12.1	100.0	93.5	77.2
Van	13.0	12.6	9.9	100.0	96.6	76.1
Truck	33.3	36.7	24.8	100.0	110.0	74.4

- 1) Data based on the driving record diary.
- 2) Data based on fuel consumption of the on-board telematics device.
- 3) Data based on operating speed and mileage of the on-board telematics device.
- 4) DRD (ton CO₂ eq.) / DRD (ton CO₂ eq.)
- 5) TMD-fuel (ton CO₂ eq.) / DRD (ton CO₂ eq.)
- 6) TMD-speed (ton CO₂ eq.) / DRD (ton CO₂ eq.) ^{7) Passenger car.}

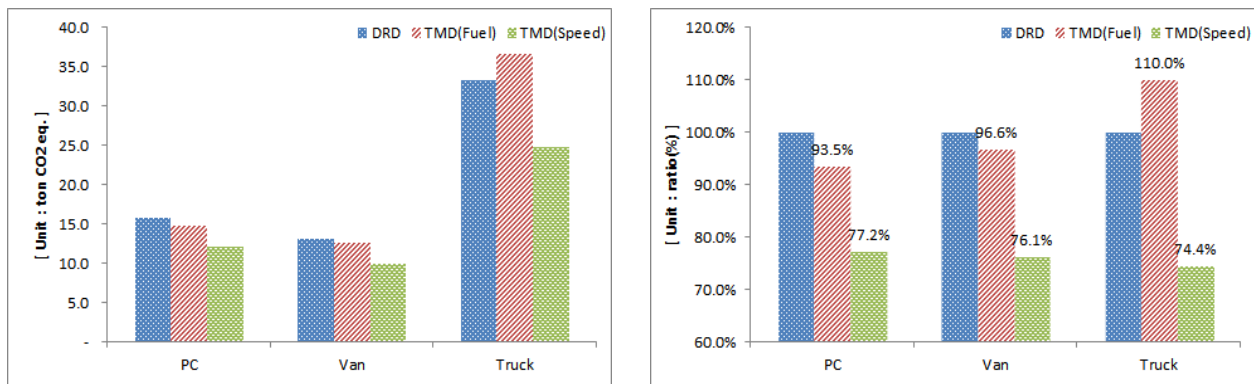


Fig. 6. Comparison of the GHGs emission for each methodology.

3.2 자동차 온실가스 배출지표 기초자료 분석 결과

3.2.1 대상 자동차의 온실가스 배출량 및 주요 활동자료 분석

본 연구에서 수집한 자동차 운행정보를 기반으로 대상 자동차의 온실가스 배출량을 산정하고, 이를 정량적으로 비교할 수 있는 온실가스 배출지표 분석을 위한 주요 활동자료를 운행거리와 운행시간으로 설정하였다.

대상 자동차의 온실가스 배출량을 산정하기 위해 적용한 방법론은 앞에서 기술한 바와 같이, 자동차 운행정보 중 수집된 연료사용량을 기반으로 하는 방법론을 적용하였으며, 온실가스 배출지표를 분석 및 평가하기 위해서는 일반적인 운행 특성이 반영되어야 하기 때문에, 수집한 운행정보 중 일반적인 운행특성을 벗어나는 운행거리와 운행시간 등이 포함된

Trip은 제외하였다.

3.2.2 온실가스 배출지표 인자별 분석 결과

Table 7은 시계열별(월별) 차종에 따른 주요 활동자료를 분석한 결과이며, 활동자료에 대한 월 평균 분석 결과는 Fig. 7과 같다. 차종 구분에 따른 시계열별 온실가스 배출량 분석 결과는 평균적인 의미에서 승용차가 가장 낮게 나타났으며, 화물차가 가장 높게 분석되었다. 또한 월 평균 운행시간의 경우에는 화물차의 운행시간이 가장 높고, 승합차의 운행시간이 가장 낮은 것으로 나타났으며, 운행거리의 경우에는 평균적으로 큰 차이가 없었다.

3.3 자동차 온실가스 배출지표 산정 및 분석

Table 7. Analysis result of main activity data

Category (Unit)	GHGs emission (kg CO ₂ eq.)	Operating time (minute)	Mileage (km)
PC	Aver.	139.1	1,953
	Max.	218.2	2,978
	Min.	67.4	841
Van	Aver.	202.4	1,287
	Max.	363.5	2,194
	Min.	75.6	556
Truck	Aver.	300.5	2,401
	Max.	481.8	3,656
	Min.	132.6	1,089

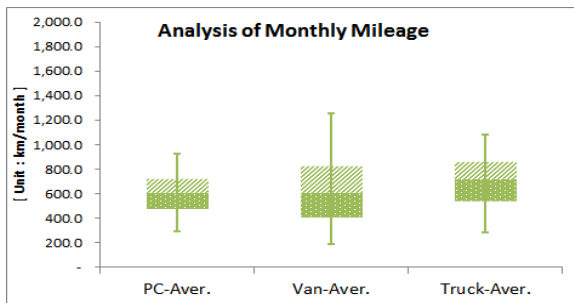
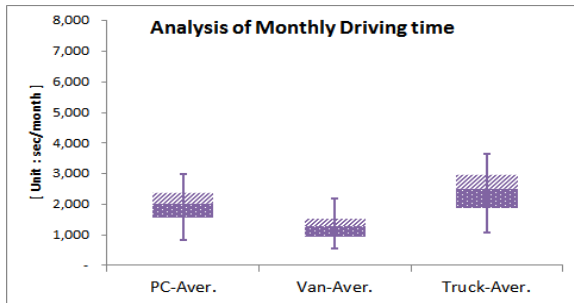
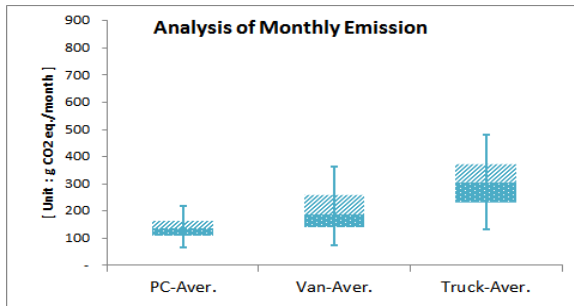


Fig. 7. Analysis of monthly activity data by vehicle types.

본 연구에서 수집한 자동차 운행정보를 기반으로 대상 자동차의 온실가스 배출특성을 분석하고, 온실가스 배출지표 분석을 위한 주요 활동자료를 확인하였다. 이를 토대로 자동차 온실가스 배출지표는 차종에 따른 특성과 시계열 특성이 고려되어야 함을 확인하였으며, 이에 본 연구에서는 최종적으로 대상 자동차의 차종과 시계열 특성을 고려하여 운행거리 기반 온실가스 배출지표(g CO₂ eq./km)와 운행시간 기반 온실가스 배출지표(g CO₂ eq./sec)를 구분하여 산정 및 분석하였다(Table 8).

Table 8. Emission intensity considering vehicle mileage and operating time

Category (Unit)	PC (g CO ₂ eq./km)	Van (g CO ₂ eq./km)	Truck (g CO ₂ eq./km)
Average	219.3	357.2	448.3
Maximum	273.2	512.3	529.0
Minimum	186.3	288.2	379.8

Category (Unit)	PC (g CO ₂ eq./sec)	Van (g CO ₂ eq./sec)	Truck (g CO ₂ eq./sec)
Average	1.18	2.66	2.14
Maximum	1.48	3.59	2.41
Minimum	1.05	2.05	1.88

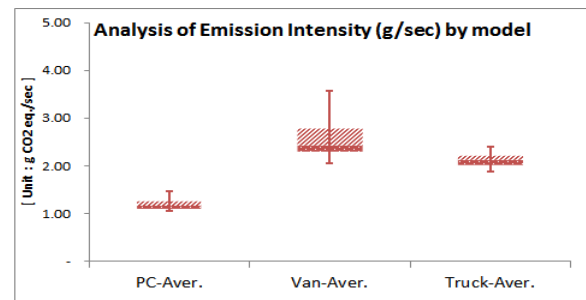
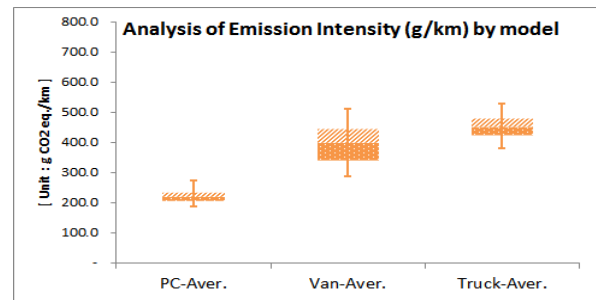


Fig. 8. Analysis result of emission intensity considering mileage and operating time.

승용차의 운행거리 기반 온실가스 배출지표가 219.3 g/km 로 가장 낮으며, 승합차 357.2 g/km, 화물차 448.3 g/km로 분석되었고, 해당 차종별 편차를 고려하여 비교한 결과는 Fig. 8에서 보는 바와 같다. 또한, 승용차의 운행시간 기반 온실가스 배출지표가 1.18 g/sec로 가장 낮았고, 화물차가 2.14 g/sec, 승합차가 2.66 g/sec로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 공공기관(지자체)에 등록되어 운행 중인 개별 자동차를 대상으로 차종 및 시계열 특성을 고려하여 온실가스 배출지표를 분석하고, 이를 정량적으로 비교할 수 있는 체계를 구축하였다. 이를 위해 실제 운행 중인 자동차의 운행정보를 수집하고, 수집된 운행정보의 활동자료 적용타당성을 확보하기 위한 운행정보 수집자료의 검증 방법을 제시하였다. 또한, 수집된 운행정보를 기반으로 자동차별 운행패턴 및 특성을 확인하고, 주요 활동자료에 대해 온실가스 배출지표와의 상관성을 분석하여 세부적으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 본 연구에서는 국내 관용차량 등록비율을 고려하여 30대의 표본 자동차를 선정하고, 배출가스 자기진단장치(OBD-II)를 통해 초 단위 운행정보를 무선통신을 이용하여 수집 서버로 전송하여 저장하였으며, 이를 1회 운행(1 Trip) 기준으로 운행정보 인자를 분석하였다.

2) 본 연구에서 수집한 운행정보를 검증하기 위하여 수집 기간동안의 운행일지 자료를 분석하고, 이를 수집된 운행정보와 비교·분석하였으며, 그 결과 운행거리와 연료사용량에 대한 정보의 오차율이 $\pm 1 \sim 4\%$ 정도로 분석되었다.

3) 수집된 운행정보를 기반으로 한 인자별 분석 결과, 대상 차종별 운행특성을 확인하였으며, 연료사용량과 상관성이 있을 것으로 판단되는 인자들에 대한 다중회귀분석(상대비교)을 통해 연료사용량에 악영향을 줄 수 있는 인자들의 정량적 영향비율을 100%라고 가정하면 급가속 인자가 약 50.4%의 연료사용량 증가의 영향을 주고, 급감속 인자는 약 23.8%, 공회전 시간 인자가 약 13.4%, 엔진 미가열 시에 대한 인자가 약 12.4%의 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

4) 본 연구의 대상 자동차의 차종과 시계열 특성을 고려하여 운행거리 기반 온실가스 배출지표($g\ CO_2\ eq./km$)와 운행시간 기반 온실가스 배출지표($g\ CO_2\ eq./sec$)를 구분하여 산정 및 분석하였다.

본 연구의 결과를 토대로 향후 공공기관 등 온실가스 배출 목표 관리제에 대응할 수 있는 지원 체계 구축을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 이를 위해서는 실제

자동차 운행정보를 수집할 수 있는 구각적인 체계 구축이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 온실가스 배출에 영향을 미칠 것으로 생각되는 인자를 추가적으로 확인하여 다중회귀분석을 통한 온실가스 배출량 모형식에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과가 이와 관련된 후속 연구 및 저감정책 수립 시 기초자료로 활용되길 기대한다.

사 사

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 교통물류연구사업 “공공·여객·화물 자동차 온실가스 배출지표 평가 및 지자체 지속가능성 평가기술 개발”의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Kim J, Kim BW, Ko JW, Jang YK, Choi SJ, Kim PS, Kim JS, Son JH. 2014. Hourly variation of hot and cold emission by actual survey of vehicle driving information. Proceeding of the 57th Meeting of KOSAE pp 196.
- Kim PS. 2015. A study on the analysis method of emission intensity of GHGs utilizing real-time vehicle driving information. Dissertation, University of Suwon.
- Kim PS, Choi SJ, Park SK, Park GJ, Kim JY, Hong YS, Jang YK, Kim J, Kim JS. 2013. A study on the estimation of vehicle driving pattern and cold emission length by using on-board telematics devices. J Kosae 29(6):734-744.
- MOLIT. 2014. Statistics of ministry of land, infrastructure and transport(Ministry of Land, Infrastructure and Transport).
- Park GJ. 2014. Study on real-time analysis of vehicles driving information for on-road emission calculation. Dissertation, University of Suwon.
- Park GJ, Choi SJ, Park SK, Hong YS, Kim PS, Jang YK, Kim JS. 2013. Study on the vehicle driving patterns and emissions characteristics by using the analysis of vehicle driving information data. Proceeding of Korean Society for Atmospheric Environment. pp 87.
- Park GJ, Kim PS, Choi SJ, Han YH, Lee HJ, Lee GS, Jang YK. 2015. A study on the estimation of GHG emissions using a real world vehicle driving information. Journal of Climate Change Research 6(2):143-158.