

## 실차 운행정보를 이용한 온실가스 배출량 산정에 관한 연구

박건진\* · 김필수\*† · 최상진\* · 한용희\* · 이헌주\*\* · 이갑상\*\*\* · 장영기\*\*\*\*

\*㈜케이에프, \*\*교통안전공단, \*\*\*안산시청, \*\*\*\*수원대학교

## A Study on the Estimation of GHG Emissions using a Real World Vehicle Driving Information

Park, Geon Jin\*, Kim, Pil Su\*†, Choi, Sang Jin\*, Han, Yong Hee\*, Lee, Heon Ju\*\*, Lee, Gap Sang\*\*\* and Jang, Young Kee\*\*\*\*

\*KF Co. Ltd., \*\*Korea Transportation Safety Authority, \*\*\*Ansan City Hall, \*\*\*\*The University of Suwon

### ABSTRACT

This study developed the emission intensity estimation method of GHGs by considering the characteristics of the models and time series. The telematics device was installed on the vehicle (OBD-II) to collect information on the operation conditions from each sample vehicle of public authorities. As a result of comparing the mileage distance and fuel consumption, the matching degree is analyzed very high, showed a  $\pm 1\sim 4\%$  error for each vehicle. By comparing driving record diary of vehicles managed by public authorities, this study presents the method that can be used to verify driving information in order to derive the GHGs emission intensity.

Key words : *Driving Information, 1 Trip Length, OBD-II, GHG Emission, Emission Intensity*

### 1. 서 론

국내 자동차 등록대수는 2014년 12월 기준 2,012 만여 대로 2 천만 대를 돌파하였으며, 최근 10년간 연 평균 약 3%씩 지속적으로 증가하고 있다. 또한 국내 수송부문 온실가스 배출량은 약 86.4 백만 톤 CO<sub>2</sub> eq.(2012년 기준)으로 국가 전체 배출량 중 12.6%를 차지하고 있으며, 이 중 도로부문이 95.0%로 대부분의 비중을 차지하고 있다(MOLIT, 2012).

정부는 교통부문의 에너지 효율 향상과 온실가스 저감을 위해 지속가능교통물류발전법(2009)과 저탄소녹색성장기본법(2010)을 도입하여 친환경 교통수단에 대한 개발과 투자를 확대하고, 에너지 절감형 교통체계로의 전환 등의 저탄소 녹색성장을 위한 다각적인 정책을 추진 중에 있다.

최근 국내에서 텔레매틱스 기술이 적용된 자동차 운행정보 분석을 통한 연구들이 진행되고 있으며, 자동차에서 수집된 운행정보를 기반으로 연속된 순간의 운행속도 변화 및 위치정보, 시간정보 등의 자료를 이용하여 운전자별 운행특성이 반영

된 안전 및 경제운전 분석방법을 개발하였다(Choi *et al.*, 2013). 또한 텔레매틱스를 이용하여 국내 운행특성이 반영된 자동차 중심의 활동자료를 조사하고, 엔진 미가열 시 배출량을 산정하기 위한 자동차 1회 운행거리(1 trip length)와 엔진 미가열 시 배출 비율이 어느 정도인지 계절 및 시간적 변화에 따라 특성을 파악하였다(Kim *et al.*, 2013). 이러한 선행 연구를 통해 국내 실제 운행패턴과 해당 지역의 월평균 기온을 적용하여 엔진 가열 시 배출량(Hot emission)과 엔진 미가열 시 배출량(Cold emission)을 산정하고, 시계열별 배출특성을 파악하였다(Kim *et al.*, 2014).

본 연구에서는 실제 공공기관에서 운행 중인 자동차의 배출가스 자기진단장치(OBD II, On-Board Diagnostics)를 통해 자동차에 장착되어 있는 센서 신호 계측을 기반으로 한 운행정보를 수집할 수 있는 체계를 구성하고자 한다. 또한 회계 기반 정보와 계측 정보를 비교하기 위한 운행 활동자료를 설정하여 수집된 운행정보 분석을 통해 배출원의 원단위인 개별 자동차를 대상으로 차종 특성이 고려된 온실가스 배출량을

† Corresponding author : E-mail: [psukim@daum.net](mailto:psukim@daum.net)

Received May 11, 2015 / Revised May 29, 2015(1st), June 15, 2015(2nd) / Accepted June 24, 2015

산정하고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 자동차 운행정보 수집 방법

#### 2.1.1 수집 대상 선정

본 연구에서 자동차 운행정보 수집 대상은 공공기관에 등록되어 해당 관내를 운행하는 관용 자동차로 한정하고, 표본 차종을 선정하기 위해 국내 등록되어 있는 관용 자동차 현황을 분석하였다. 2014년 12월 기준 우리나라 공공기관의 관용 자동차는 약 7만5천 대가 등록되어 있으며, 이 중 등록비율이 낮은 특수차는 운행정보 수집 대상 자동차에서 제외하였다 (Table 1).

수집 대상 자동차는 국내 관용 자동차의 등록비율을 고려하였으며, 분석 결과 선정된 대상 자동차는 승용차 11대(36.7%), 승합차 6대(20.0%), 화물차 13대(43.3%)로 총 30대의 관용자동차를 선정하였다. 30대의 대상 자동차는 1개 시청(City Hall), 2개 구청(Borough Office), 1개 시청 사업소(Business place)에 속해 있다. 대상 자동차의 차종은 승용차(경형, 중형, 대형), 승합차(중형), 화물차(소형)로 선정하였으며(Table 2), 운

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 : Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2014)

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%
Truck(Cargo)	13	43.3%	-	-	13	43.3%

행정보 수집 대상 자동차의 정보는 Table 3과 같다.

#### 2.1.2 운행정보 수집 방법

자동차 운행정보를 수집하기 위해 대상 자동차 30 대의 배출가스 자기진단장치(OBD II)에 운행정보 수집장치를 장착하고, 1초 단위의 운행 정보를 무선통신 방식으로 수집 서버에 전송하여 저장하였다(Fig. 1).

본 연구에서 온실가스 배출량을 산정할 수 있는 인자를 대상으로 수집한 자동차 운행정보 항목은 Table 4와 같으며, 2014년 4월 1일부터 2014년 12월 31일까지 총 33,847,550개의 초(sec) 단위 자료를 수집하였다.

1초 단위의 운행정보 수집 항목은 자동차 번호, 차종, 시동 On/Off 시간, 운행거리, 차속, 엔진 회전수, 위치정보, 연료 분사량, 냉각수 온도, 브레이크 신호 등을 수집하였으며, 1초 단위 운행정보 수집 항목은 Table 4와 같다.

#### 2.1.3 수집 정보 분석

본 연구에서 1회 운행(1 Trip)을 자동차 시동을 켜고 운행 종료 후 시동을 끌 때까지로 정의하고(시동 On/Off 기준), 1초 단위로 수집된 운행정보(Table 4 참조)를 이용하여 Table 5와 같은 항목으로 가공하였다. 본 연구에서는 이를 기반으로 운행패턴이나 온실가스 배출지표와 관련된 인자를 분석하였다. 수집된 운행정보 중 시동 On/Off 시간 정보와 운행거리, 차속, 연료 분사량, 냉각수 온도 등의 정보를 주 분석대상으로, 그 밖의 엔진 RPM, 대기온도, 가속페달 동작 여부 등은 운행정보 중 데이터 오류를 검증하는데 이용하였다.

1 Trip을 기준으로 한 운행정보 자료는 초 단위 정보로 수집된 운행정보를 기초로 수식을 통해 생성하였으며, 생성된 1 Trip 기준 운행정보 자료의 분석을 위한 기초 자료로 설정하였다. 본 연구의 분석을 위해 가공된 1 Trip 기준 자동차 운행정보 자료 중 운행시간은 시동을 켜고 주행 후 시동을 끌 때까지 총 소요된 시간으로 정의하고, 이를 주행시간과 공회전

Table 3. Information of target vehicle

Classification I.D.	Vehicle type	Type of fuel	Production year	Institution	
Passenger car	P-A1	Light	Gasoline	2008	(A)
	P-A2	Light	Gasoline	2009	(A)
	P-A3	Light	Gasoline	2011	(A)
	P-B1	Light	Gasoline	2009	(B)
	P-B2	Light	Gasoline	2010	(B)
	P-C1	Light	Gasoline	2008	(C)
	P-C2	Light	Gasoline	2014	(C)
	P-C3	Light	Gasoline	2010	(C)
	P-A4	Large	Diesel	2011	(A)
	P-D1	Midsized	Diesel	2007	(D)
	P-D2	Midsized	Diesel	2010	(D)
	Van	V-A1	Midsized	Diesel	2007
V-B1		Midsized	Diesel	2009	(B)
V-B2		Midsized	Diesel	2013	(B)
V-B3		Midsized	Diesel	2011	(B)
V-C1		Midsized	Diesel	2007	(C)
V-D1		Midsized	Diesel	2011	(D)
Truck	T-A1	Small	Diesel	2007	(A)
	T-A2	Small	Diesel	2007	(A)
	T-A3	Small	Diesel	2010	(A)
	T-A4	Small	Diesel	2011	(A)
	T-A5	Small	Diesel	2009	(A)
	T-A6	Small	Diesel	2007	(A)
	T-B1	Small	Diesel	2007	(B)
	T-B2	Small	Diesel	2007	(B)
	T-B3	Small	Diesel	2011	(B)
	T-B4	Small	Diesel	2008	(B)
	T-C1	Small	Diesel	2012	(C)
	T-C2	Small	Diesel	2009	(C)
	T-C3	Small	Diesel	2009	(C)

<sup>1)</sup> (A) City Hall; (B), (C) Borough Office(Gu Office); (D) Business place.



Fig. 1. Methodology of collect of driving information

Table 4. Collection item of driving information.

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

\* TDC : Top Dead Center sensor

시간으로 구분하였다. 주행시간은 운행시간 중 실제 자동차가 이동하는데 소요한 시간으로 표현하였으며, 운행시간에서 공회전 시간을 제외한 시간으로 산정하였다. 공회전 시간은 초단위로 수집한 운행정보 자료 중 ‘RPM이 0이 아니면서 속도가 0인 시간’으로 정의하였다. 1 Trip 단위의 운행정보 분석 항목을 Table 5와 같다.

## 2.2 자동차 운행정보 분석

### 2.2.1 회계 기반 정보 분석

본 연구의 운행정보 수집 대상은 공공기관에서 관용으로 등록하여 운영하는 자동차기 때문에, 해당 지방자치단체에서 회계 기반으로 자동차 운행일지를 관리하고 있다. 따라서 본 연

Table 5. Analysis item of driving information

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

구에서 수집한 운행정보를 검증하기 위하여 수집기간 동안 회계 기반 정보를 분석하고, 이를 수집된 계측 기반 정보와 비교·분석하였다.

공공기관에서 운행 중인 자동차는 기관의 업무용으로 사용되기 때문에 이용건별로 운행일지를 작성하고 있으며, 자동차별로 운전자 및 운행거리, 유류현황, 운행내역 등을 기록하고 있다. 자동차 운행일지 중 이용 건별 또는 일별 운행거리는 자동차 계기판에 표시된 운행거리를 수기로 기록한다. 공공기관의 운행일지 기록은 환경부의 “공공부문 온실가스·에너지 목표관리제” 지침에 따라 작성하도록 되어 있으며, 이에 따라 공공기관에서 매년 작성·보고하고 있다. 운행일지 상의 유류현황 자료 중 연료소비량은 대부분 운전자 경험치에 의해 수기로 작성되고 있기 때문에, 정보의 불확실성이 높을 수 있지만, 공공기관의 특성 상 연료구매량에 대한 정보는 회계 기반

의 비용정산 자료와 일치해야 하기 때문에 명확한 정보라고 판단하였으며, 공공기관 회계의 경우 대부분 분기 또는 반기로 구분하여 정산을 시행하기 때문에 분기단위의 연료구매량 정보를 분석하였다.

본 연구의 분석 대상 자동차에 대하여 2014년 4월 1일부터 2014년 12월 31일까지 공공기관에서 관리하고 있는 운행일지 정보와 자동차 운행정보 중 운행거리 및 연료구매량을 분석하면 Table 6과 같다.

2.2.2 계측 기반 정보 분석

자동차 운행정보를 검증하기 위해 공공기관에서 관리하고 있는 회계 기반 정보와 비교할 수 있는 인자를 설정하였고, 수집된 계측 기반 정보를 세부적으로 분석하였다. 회계 정보와 계측 정보의 비교를 위한 운행 활동자료는 운행거리(km)와 연료사용량(L)으로 설정하였다.

본 연구의 대상 자동차에서 수집된 계측 정보를 분석한 결과, 발생 Trip 수는 38,405회로 산출되었고, 총 운행시간은 9,402시간 05분 50초, 총 운행거리는 183,783 km로 분석되었으며, 이를 차종별로 구분하여 분석한 결과는 Table 7과 같다.

Table 8에서 보는 바와 같이, Trip 단위의 자동차 운행정보를 분석하여 해당 자동차에 대한 분기별 운행거리와 연료사용량을 분석하였으며, 이를 운행일지와 비교하여 검증하였다.

2.2.3 수집 정보 비교 · 분석

자동차 수집 정보를 비교하기 위해 Trip 단위로 분석한 자료 중 운행거리와 연료사용량 정보를 회계기반 정보 분석 결과와 비교하여 Fig. 2와 같은 결과를 도출하였으며, 전체 30대 차량의 운행거리와 연료사용량 정보의 오차율이 ± 1~4 % 정도로 분석되었다(Table 9, Table 10 참조).

이를 대상 차종별로 분석하면 Table 8에서 보는 바와 같이, 운행거리의 경우에는 전체적으로 96.3 %의 정합도를 보였고, Table 9의 연료사용량 정보 또한 100.6 %의 매우 높은 정합

도를 보였다. 하지만 승용차와 승합차의 연료사용량이 회계기반 자료에 비해 계측기반 자료의 분석결과 각각 90.5 %, 94.9 % 정도 낮은 것으로 분석되었고, 반대로 화물차의 경우에는 회계기반 자료보다 계측기반 자료를 수집하여 분석한 연료사용량이 108.1 %로 오히려 높게 나타났다. 이는 운행하는 자동차별로 운행일지를 작성하고는 있지만, 연료구매를 기준으로 작성하기 때문에 회계정산시기에 대한 오차로 판단된다. 앞서 언급한 바와 같이, 해당 공공기관에서 관리하고 있는 자동차 운행일지는 회계 기반으로 작성되었기 때문에 오차 정보가 없다고 판단 후 이를 감안하여 분석하였고, 운행정보 수집장치를 통해 수집된 자동차별 운행정보와 비교 결과 큰 차이가 없었다.

3. 연구 결과

3.1 온실가스 배출량 산정 방법

3.1.1 연료사용량 기반 방법

도로이동오염원인 자동차의 온실가스 배출량을 산정하기 위한 방법은 운행 시 사용된 연료량을 기반으로 산정하는 방법과 평균 운행속도 및 운행거리를 기반으로 산정하는 방법이 있다. 연료사용량 기반의 방법론은 휘발유, 경유, LPG 등 연료 연소로 온실가스를 배출하는 승용자동차, 승합자동차, 화물자동차, 특수자동차 및 이륜자동차 등 배출원의 연료사용량에 유종별 배출계수를 곱하여 온실가스 물질별 배출량을 산출하고, 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)를 적용하여 CO<sub>2</sub> 환산톤(ton CO<sub>2</sub> eq.)으로 추정하는 방법이다.

본 연구에서는 운행정보를 수집하기 위한 대상을 공공기관에서 운행하고 있는 자동차로 한정하였기 때문에, 연료사용량 기반 배출량 산정 방법론을 ‘공공부문 온실가스·에너지 목표관리제 운영 등에 관한 지침(2013. 12. 31.)’에서 제안한 방법론을 적용하였고, 온실가스 배출계수 및 순발열량(Net caloric value)은 Table 11과 같다.

Table 6. Data based on the driving record diary

Classification I.D. (Unit)	Mileage (km)				Fuel purchase amount (L)				
	Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter	Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter	
PC <sup>1)</sup> Gasoline	P-A1	2,427	702	790	935	243	50	105	88
	P-A2	7,162	2,072	2,548	2,542	997	270	408	319
	P-A3	1,486	573	497	416	160	50	70	40
	P-B1	4,860	796	1,570	2,494	420	60	140	220

Table 6. Continued

Classification I.D. (Unit)		Mileage (km)				Fuel purchase amount (L)					
		Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter	Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter		
PC <sup>1)</sup>	Gasoline	P-B2	4,428	1,825	1,405	1,198	500	200	180	120	
		P-C1	980	-	-	980	100	-	-	100	
		P-C2	8,716	2,793	2,698	3,225	851	266	292	293	
		P-C3	3,444	1,008	1,376	1,060	391	125	183	83	
		Sub total	33,503	9,769	10,884	12,850	3,662	1,021	1,378	1,263	
		Diesel	P-A4	8,154	3,072	3,069	2,013	958	383	335	240
		P-D1	11,506	3,686	3,848	3,974	1,265	375	480	410	
		P-D2	8,445	3,127	3,185	2,133	760	282	290	188	
		Sub total	28,105	9,885	10,102	8,120	2,983	1,040	1,105	838	
		Total	61,608	19,654	20,986	20,970	6,645	2,061	2,483	2,101	
Van	Diesel	V-A1	13,375	3,540	4,116	5,719	1,524	440	447	637	
		V-B1	3,868	1,901	522	1,445	505	225	120	160	
		V-B2	1,822	447	436	939	304	80	80	144	
		V-B3	13,343	4,911	4,310	4,122	1,354	478	459	417	
		V-C1	3,507	1,355	394	1,758	444	144	119	181	
		V-D1	6,438	1,505	1,526	3,407	840	208	284	348	
	Total	42,353	13,659	11,304	17,390	4,971	1,575	1,509	1,887		
Truck	Diesel	T-A1	10,120	3,656	3,511	2,953	1,590	570	510	510	
		T-A2	4,686	3,586	-	1,100	615	455	-	160	
		T-A3	9,353	2,414	4,427	2,512	1,274	341	577	356	
		T-A4	8,173	4,498	2,930	745	1,090	640	350	100	
		T-A5	9,648	4,596	4,039	1,013	1,130	500	440	190	
		T-A6	3,426	1,842	978	606	470	260	110	100	
		T-B1	6,060	2,270	2,917	873	875	375	400	100	
		T-B2	9,766	3,487	3,380	2,899	1,690	560	650	480	
		T-B3	2,611	2,153	458	-	430	370	60	-	
		T-B4	2,963	1,250	773	940	520	205	152	162	
		T-C1	14,907	5,389	4,538	4,980	2,159	773	704	682	
		T-C2	2,453	865	632	956	420	150	100	170	
		T-C3	2,754	1,206	935	613	450	200	150	100	
Total	86,920	37,212	29,518	20,190	12,713	5,399	4,203	3,110			

<sup>1)</sup> PC : Passenger car.

Table 7. Analysis results of the driving information

Division (Unit)	Trip (Num.)	Operating time (sec.)	Driving time (sec.)	Idling time (sec.)	Idling ratio (%)
Total	38,405	33,847,550	20,246,424	13,601,126	40.2
PC	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

Table 8. Data based on the on-board Telematics device

Classification I.D. (Unit)	Mileage (km)				Fuel purchase amount (L)					
	Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter	Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter		
PC <sup>1)</sup>	Gasoline	P-A1	2,267	696	729	842	212	62	78	71
		P-A2	6,917	2,051	2,403	2,463	854	247	347	260
		P-A3	1,461	598	446	417	149	59	50	40
		P-B1	4,491	943	1,177	2,372	359	65	103	191
		P-B2	4,434	1,882	1,365	1,187	448	189	153	106
	Diesel	P-C1	977	-	-	977	84	-	-	84
		P-C2	8,626	2,943	2,744	2,939	718	240	244	234
		P-C3	3,972	1,109	1,448	1,415	402	112	152	138
		Sub total	33,145	10,222	10,312	12,612	3,226	974	1,127	1,124
	Diesel	P-A4	8,036	3,067	2,828	2,141	851	345	288	217
P-D1		11,240	3,699	3,653	3,888	1,223	399	431	393	
P-D2		8,320	3,195	3,025	2,099	717	263	264	190	
Sub total	27,596	9,961	9,506	8,128	2,791	1,007	983	800		
Total	60,741	20,183	19,818	20,740	6,017	1,981	2,110	1,924		
Van	Diesel	V-A1	11,875	3,043	3,150	5,682	1,413	388	399	627
		V-B1	3,666	1,801	529	1,335	478	220	89	170
		V-B2	1,800	440	421	939	304	87	90	126
		V-B3	12,020	4,877	4,172	2,971	1,139	459	408	272
		V-C1	3,441	1,267	315	1,859	511	182	76	253
		V-D1	6,346	1,488	1,482	3,376	873	224	235	415
	Total	39,148	12,916	10,069	16,162	4,718	1,560	1,297	1,863	
Truck	Diesel	T-A1	9,910	3,654	3,373	2,882	1,618	566	569	483
		T-A2	4,297	3,353	-	944	678	513	-	165
		T-A3	8,111	2,421	3,180	2,511	1,230	385	465	381
		T-A4	8,077	2,669	3,056	2,352	1,205	366	503	336

Table 8. Continued

Classification I.D. (Unit)		Mileage (km)				Fuel purchase amount (L)				
		Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter	Sum.	2 Quarter	3 Quarter	4 Quarter	
Truck	Diesel	T-A5	11,655	4,513	3,721	3,421	1,485	552	510	423
	T-A6	3,133	1,784	787	563	527	305	136	87	
	T-B1	5,331	2,378	2,277	676	888	406	384	99	
	T-B2	8,776	3,295	2,733	2,749	1,905	661	646	597	
	T-B3	2,626	2,067	559	-	486	374	112	-	
	T-B4	2,862	1,215	719	927	541	223	145	173	
	T-C1	14,494	5,286	4,314	4,894	2,279	818	727	735	
	T-C2	2,358	851	615	891	457	150	136	170	
	T-C3	2,266	1,089	918	259	450	199	199	52	
Total		83,896	34,575	26,252	23,069	13,749	5,518	4,532	3,701	

1) PC : Passenger car.

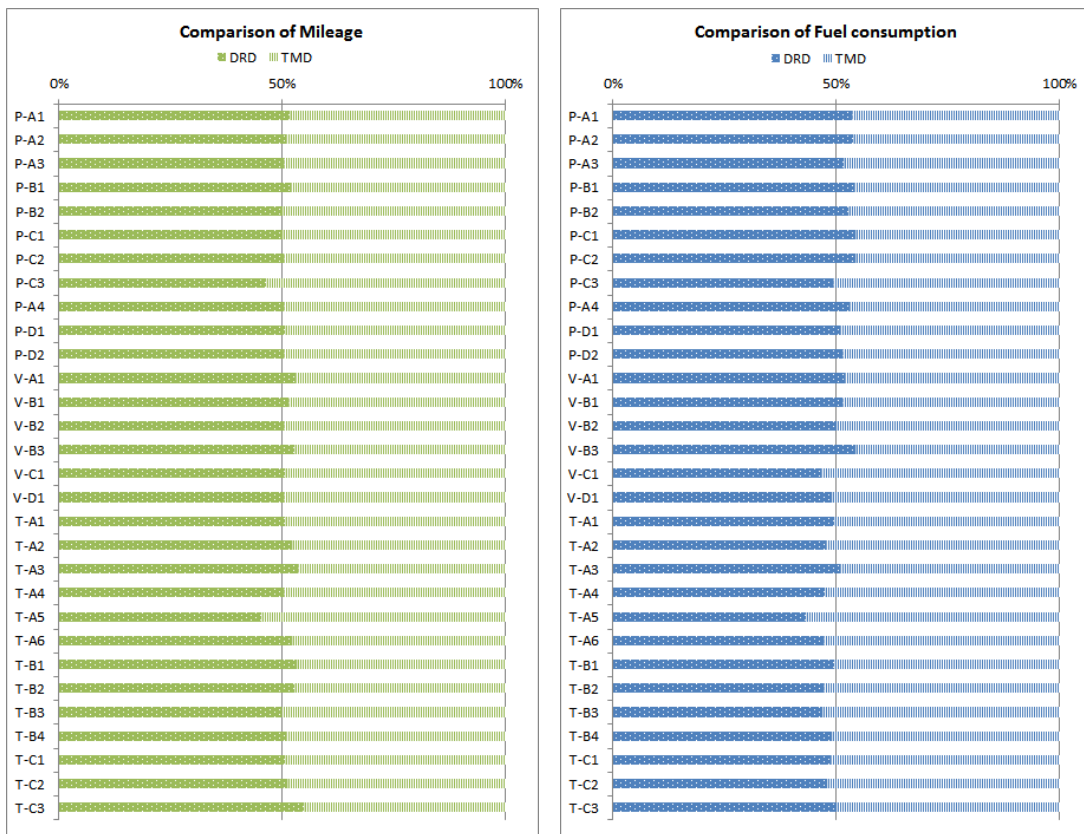


Fig. 2. Comparison of mileage and fuel consumption of driving record diary and driving information.

1) DRD : Data based on the Driving Record Diary.

2) TMD : Data based on the on-board Telematics device.



Table 9. Comparison of mileage data by vehicle type

Category	Fuel type	DRD <sup>1)</sup> (km)	TMD <sup>2)</sup> (km)	DRD <sup>1)</sup> (%) <sup>3)</sup>	TMD <sup>2)</sup> (%) <sup>4)</sup>
(Unit)					
Total		190,881	183,783	100.0	96.3
Passenger car	Gasoline	36,638	33,181	100.0	90.6
	Diesel	28,105	27,596	100.0	98.2
Van	Diesel	42,353	39,147	100.0	92.4
Truck	Diesel	86,920	83,896	100.0	96.5

- 1) Data based on the Driving Record Diary.
- 2) Data based on the on-board Telematics device.
- 3) DRD (km)/DRD (km).
- 4) TMD (km)/DRD (km).

Table 10. Comparison of fuel consumption data by vehicle type

Category	Fuel type	DRD <sup>1)</sup> (L)	TMD <sup>2)</sup> (L)	DRD <sup>1)</sup> (%) <sup>3)</sup>	TMD <sup>2)</sup> (%) <sup>4)</sup>
(Unit)					
Total		24,329	24,484	100.0	100.6
Passenger car	Gasoline	3,952	3,229	100.0	81.7
	Diesel	2,983	2,791	100.0	93.6
Van	Diesel	4,971	4,719	100.0	94.9
Truck	Diesel	12,713	13,748	100.0	108.1

- 1) Data based on the Driving Record Diary.
- 2) Data based on the on-board Telematics device.
- 3) DRD (L)/DRD (L).
- 4) TMD (L)/DRD (L).

$$Emission = \sum (Fuel\ consumption \times Net\ caloric\ value \times Emission\ Factor \times 10^{-9} \times GWP)$$

*Emission* : 배출량(ton CO<sub>2</sub> eq.)

*Fuel consumption* : 연료사용량(L or kg)

*Net caloric value* : 순발열량(MJ/L or MJ/kg)

*Emission Factor* : 배출계수(kg GHG/TJ)

*GWP* : 지구온난화지수(Global warming potential)

### 3.1.2 평균 운행속도 및 운행거리 기반 방법

국립환경과학원에서 개발된 자동차 온실가스 배출계수는 NIER 모드(National Institute of Environmental Research)를 통해 개발되었으며, 차종 및 온실가스 물질별로 구분한 속도 기반 함수식으로 되어 있어 평균 운행속도를 통해 배출계수

를 산출하고, 산출된 배출계수에 운행거리를 곱하여 온실가스 물질별 배출량을 산정하도록 되어 있다.

따라서 본 연구에서는 Table 12 및 Table 13과 같이 국립환경과학원에서 개발된 속도 기반 함수식에 운행정보를 통해 수집된 평균 운행속도를 적용하여 온실가스 배출계수를 산출하고, 운행거리를 적용하여 온실가스 물질별 배출량을 산정하였다. 또한 본 연구 대상의 차종 분류에 따라 배출계수를 적용하였으며, 운행정보 수집 대상 승용차 중 SUV(P-A4, P-D1, P-D2)는 Table 12 및 Table 13의 RV 배출계수를 적용하였으며, 그 외 승용차는 모두 경형(Light) 배출계수를 적용하였다.

## 3.2 온실가스 배출량 비교

### 3.2.1 산정 방법론에 따른 비교

Table 11. Emission factor which is applied in this study

Fuel type (Unit)	Net-caloric value (MJ/L)	Emission factor (kg/TJ)		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Gasoline	31.0	69,300	25.0	8.0
Diesel	35.4	74,100	3.9	3.9
GWP	-	1	21	31

Source : Ministry of Environment (2013).

온실가스 배출량 산정은 회계 기록상의 연료구매량 정보와 운행정보 수집장치를 통해 수집된 연료사용량 정보는 연료사용량 기반 배출량 산정 방법론을 적용하여 산정하고, 수집된 운행정보 중 평균 운행속도와 운행거리 정보를 활용하여 속도와 거리 기반 배출량 산정 방법론을 적용하여 세 가지 산정 결과를 비교하였으며, 이는 Table 14와 같다.

Table 12. Speed-based CO<sub>2</sub> emission factor

Vehicle type		Fuel type	Speed (km/h)	Emission factor (g/km)
Passenger car	Light	Gasoline	<65.4	$y=887.12x^{-0.5703}$
			≥ 65.4	$y=0.9303x+30.821$
RV	Small	Diesel	<65.4	$y=1313.2x^{-.5645}$
			≥ 65.4	$y=0.9883x+68.771$
	Midsized	Diesel	<65.4	$y=1811.7x^{-0.6092}$
			≥ 65.4	$y=0.9521x+88.489$
Van	Small	Diesel	<65.4	$y=1923.2x^{-0.5941}$
			≥ 65.4	$y=1.0658x+93.436$
Cargo	Small	Diesel	<65.4	$y=1135.2x^{-0.4668}$
			≥ 65.4	$y=2.2307x+25.76$

Table 13. Speed-based Non-CO<sub>2</sub> emission factor

Vehicle type		Fuel type	CH <sub>4</sub> (g/km)	N <sub>2</sub> O (g/km)
Passenger car		Gasoline	$y=0.0351x^{-0.7754}$	$y=0.0307x^{-0.8718}$
RV	Small	Diesel	$y=0.0512x^{-0.8062}$	$y=0.007x^{-0.5533}$
	Midsized	Diesel	$y=0.0534x^{-1.0371}$	$y=0.142x^{-0.7368}$
Van	Small	Diesel	$y=0.1581x^{-1.273}$	$y=0.109x^{-0.6399}$
Cargo	Small	Diesel	$y=0.0328x^{-0.5697}$	$y=0.0984x^{-0.7969}$

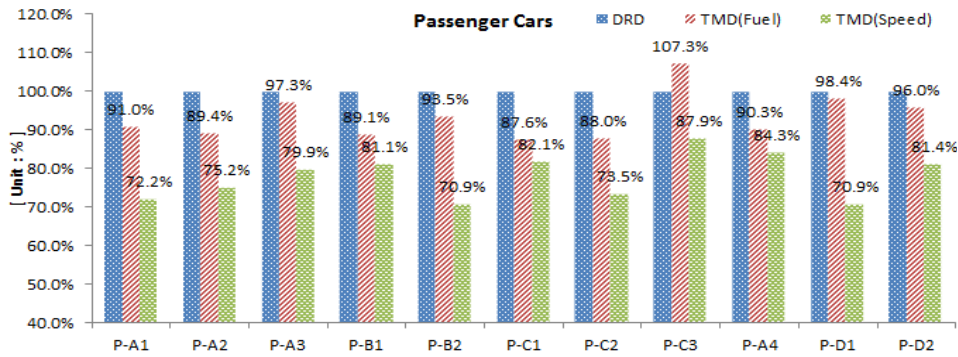
X : Vehicle speed; Source : NIER, 2009.

연료 기반 배출량 산정 방법론을 적용한 두 결과는 약 3~10% 정도 오차를 보였고, 이는 운행일지에 기록되어 있는 회계 기반 결산 기준의 연료구매량 정보가 실제 운행에 소비되는 연료소모량과 일치하지 않기 때문으로 판단된다. 연료사용량 기반의 두 가지 배출량 산정 결과에 비해 운행속도와 운행거리 기반의 배출량 산정 결과는 약 23~26 % 정도 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

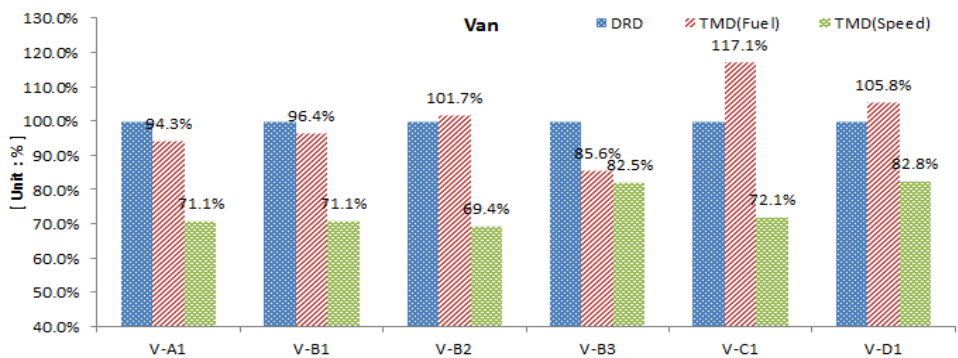
### 3.2.2 차종 구분에 따른 결과 비교

앞서 산정 방법론 및 적용 활동자료에 따라 결과의 차이가 발생함을 확인하였으며, 이에 대한 명확한 검증을 위해 해당 자동차별 배출량 산정 결과를 비교하여 오차가 발생한 원인을 확인하고자 하였다.

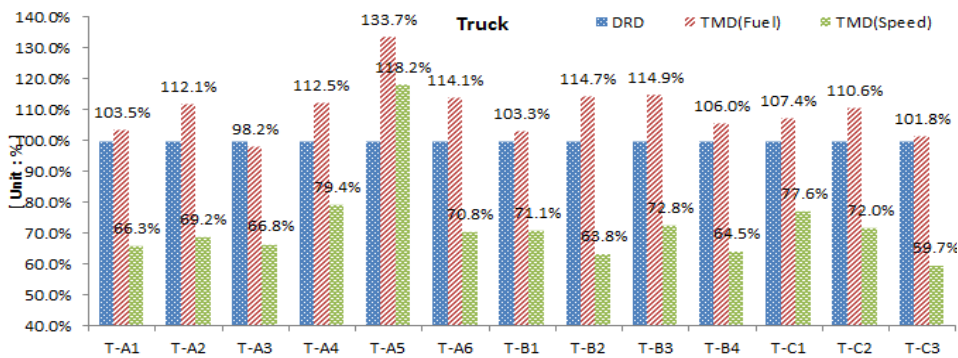
Fig. 3은 본 연구의 대상 자동차별 온실가스 배출량 산정 방법론에 대한 산정 결과를 분석한 그래프이며, 운행일지의 연



(a) Passenger cars



(b) Van



(c) Truck

Fig. 3. Comparison of emissions for each methodology by vehicle type.

- 1) DRD : Data based on the Driving Record Diary.
- 2) TMD (Fuel) : Data based on fuel consumption of the on-board Telematics device.
- 3) TMD (Speed) : Data based on operating speed and mileage of the on-board Telematics device.

료구매량 정보를 기준으로 결과를 비교하였다. 비교 결과 운행 속도와 운행거리 기반의 배출량 산정 결과가 운행정보의 연료사용량 정보 기반의 결과보다 평균 26.7%P 낮게 산출되었다. 또한 차종별로는 승용차가 약 15.3%P, 승합차가 25.3%P, 화물차가 37.0%P로 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

비교 결과를 분석하면 대상 자동차 모두 속도 기반 함수식을 통한 배출량 산정 결과가 연료사용량 기반 산정 결과보다 낮게 산출되는 것을 확인하였고, 이는 공공 서비스 목적으로 운행하는 공공기관의 자동차의 경우, 불법 주차차 단속 및 지역 내를 운행하면서 공회전 상태로 대기하는 경우가 많기 때

문이라 판단하였다.

### 3.2.3 엔진 미가열 시 배출량 비교

승용차와 소형중량 자동차(Light duty vehicles)에 대해서 고려하는 엔진 미가열 시 배출량은 주로 도심(Urban) 지역의 비중이 크며(Boulter, P.G. *et al.*, 2009), 국내에서는 환경부 고시 ‘자동차 총오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정(2010. 12. 2.)’에 따라 엔진 미가열 배출량 산정 시 자동차 총중량 3.5 톤 이상의 중량자동차는 적용하지 않고 있다. 본 연구의 대상 자동차는 엔진 미가열 배출량을 산정하는 대상에 포함되기 때문에 이에 대한 결과를 분석하였다.

본 연구에서는 자동차 운행정보 수집 자료를 이용하여 엔진 냉각수 온도가 70℃ 이상일 경우를 엔진 열간(Hot) 상태로 판단하였으며, 냉각수 온도가 정상온도(70℃)에 도달하기 전 까지 사용된 연료를 엔진 미가열(Cold) 시 연료사용량으로 적용하여 Table 15와 같이 차종별 온실가스 배출량 중 엔진 미가열 시 배출 비율을 분석하였다.

엔진 미가열 시 온실가스 배출량의 경우, 차종에 따라 큰 편차가 발생할 수 있기 때문에 대상 차종별로 구분하여 분석하였고, 이는 Table 16과 같다. 연료사용량을 기반으로 하는 방법론으로 엔진 열간 시 배출량과 미가열 시 배출량을 구분하고, 이를 속도 기반 함수식으로 산정한 배출량과 비교하면 최대 44.3%까지 차이를 보이고 있었다(T-B2). 특히, 유종에 따른 특성이 확연하게 나타났으며, 대상 승용차 중 P-D1과 P-

Table 15. Comparison of cold-start emissions by vehicle type

Category	Fuel type	Cold emissions rate(%)			
		( Unit )	Average	Maximum	Minimum
Total			13.8	26.2	4.7
Passenger car	Gasoline		9.4	11.6	4.7
	Diesel		9.1	10.5	6.8
Van	Diesel		14.4	20.7	10.4
Truck	Diesel		17.3	26.2	8.2

D2가 경유 엔진 자동차임을 감안하면 경유 엔진 자동차의 엔진 미가열 시 배출량이 전체 배출량 중 평균 15.7%를 차지하는 것으로 분석되었다.

분기별로 차종 구분에 따라 분석한 결과는 Fig. 4와 같으며, 속도 기반 함수식을 통해 산출된 배출량 결과에는 엔진 미가열 시 배출량뿐만 아니라, 다른 요인으로 배출되는 온실가스 배출량에 대한 정보가 포함되어 있지 않은 것으로 판단하였다.

### 3.2.4 공회전 시 연료사용 비율 분석

속도 기반 함수식을 통한 배출량 산정 방법론의 경우, 공회전 시에는 운행속도가 0이기 때문에 배출량이 산정되지 않는

Table 14. Result of the GHGs emissions for each methodology

Category	Fuel type	DRD <sup>1)</sup>	TMD <sup>7)</sup>		DRD ( % ) <sup>4)</sup>	TMD (%)	
			Fuel <sup>2)</sup>	Speed <sup>3)</sup>		Fuel <sup>5)</sup>	Speed <sup>6)</sup>
(Unit)			( ton CO <sub>2</sub> eq. )				
Total		62.1	64.0	46.9	100.0	103.1	75.5
Passenger car	Gasoline	7.9	7.2	6.0	100.0	91.9	76.4
	Diesel	7.8	7.5	6.1	100.0	95.2	77.9
Van	Diesel	13.0	12.6	9.9	100.0	96.6	76.1
Truck	Diesel	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 CO<sub>2</sub> eq.)/DRD (ton CO<sub>2</sub> eq.).  
 5) TMD-Fuel (ton CO<sub>2</sub> eq.)/DRD (ton CO<sub>2</sub> eq.).  
 6) TMD-Speed (ton CO<sub>2</sub> eq.)/DRD (ton CO<sub>2</sub> eq.).  
 7) Telematics device.

Table 16. Comparison of cold-start emissions by each vehicle

Classification (Unit)	TMD (Fuel) <sup>1)</sup>			TMD (Speed) <sup>2)</sup> (ton CO <sub>2</sub> eq.)	Percentage gap (%) <sup>4)</sup>	
	Hot emis.	Cold emis.				
	(ton CO <sub>2</sub> eq.)	(%) <sup>3)</sup>				
Passenger car	P-A1	0.47	0.05	11.2	0.38	20.7
	P-A2	1.91	0.09	4.7	1.61	15.8
	P-A3	0.33	0.04	11.4	0.27	17.8
	P-B1	0.80	0.08	9.8	0.73	8.9
	P-B2	1.00	0.11	10.7	0.76	24.1
	P-C1	0.19	0.02	11.6	0.18	6.3
	P-C2	1.61	0.11	7.1	1.34	16.5
	P-C3	0.90	0.08	8.4	0.74	18.1
	Sub total	7.21	0.58	-	6.01	-
	P-A4	2.27	0.23	9.9	2.12	6.6
	P-D1	3.26	0.22	6.8	2.35	27.9
	P-D2	1.91	0.20	10.5	1.62	15.2
	Sub total	7.44	0.65	-	6.09	-
	Total	13.46	1.23	-	12.10	-
	Van	V-A1	3.77	0.43	11.4	2.84
V-B1		1.28	0.16	12.9	0.94	26.3
V-B2		0.81	0.17	20.7	0.55	31.8
V-B3		3.04	0.32	10.4	2.93	3.7
V-C1		1.36	0.17	12.4	0.84	38.4
V-D1		2.33	0.43	18.3	1.82	21.7
Total		12.59	1.68	-	9.92	-
Truck	T-A1	4.32	0.48	11.1	2.77	35.9
	T-A2	1.81	0.36	19.8	1.12	38.2
	T-A3	3.28	0.48	14.5	2.23	32.0
	T-A4	3.22	0.57	17.8	2.27	29.5
	T-A5	3.96	0.46	11.5	3.50	11.6
	T-A6	1.41	0.36	25.3	0.87	38.0
	T-B1	2.37	0.32	13.7	1.63	31.2
	T-B2	5.08	0.72	14.1	2.83	44.3
	T-B3	1.30	0.18	13.7	0.82	36.7
	T-B4	1.44	0.38	26.2	0.88	39.1

Table 16. Continued

Classification (Unit)	TMD (Fuel) <sup>1)</sup>			TMD (Speed) <sup>2)</sup> (ton CO <sub>2</sub> eq.)	Percentage gap (%) <sup>4)</sup>		
	Hot emis.	Cold emis.					
	(ton CO <sub>2</sub> eq.)	(%) <sup>3)</sup>					
Truck	Diesel	T-C1	6.08	0.50	8.2	4.39	27.8
		T-C2	1.22	0.31	25.5	0.79	34.9
		T-C3	1.20	0.29	24.0	0.70	41.3
		Total	36.69	5.41	-	24.8	-

- 1) Data based on fuel consumption of the on-board Telematics device.
- 2) Data based on operating speed and mileage of the on-board Telematics device.
- 3) Cold emission rate (%) = Cold emis./(Hot emis.+Cold emis.).
- 4)  $1 - \{TMD(Speed) \div TMD(Fuel)\}$ .

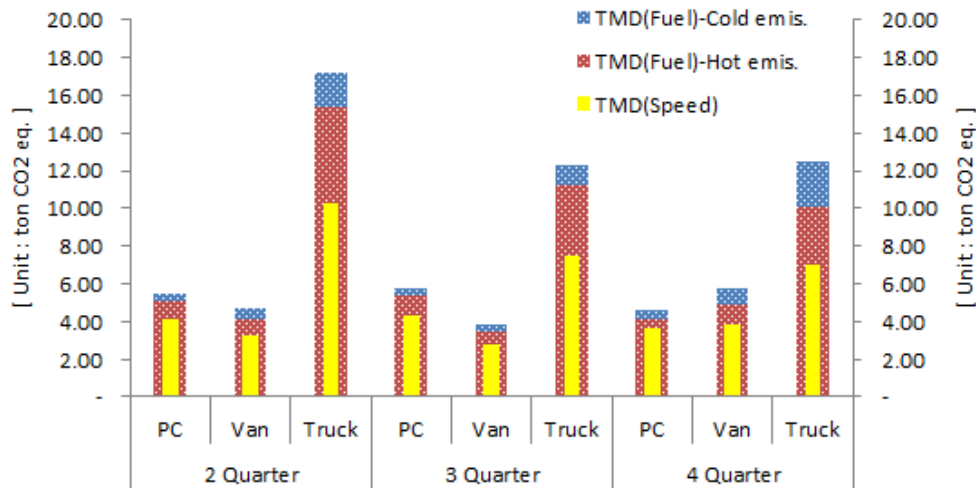


Fig. 4. Comparison of cold-start emissions by vehicle type.  
\* PC : Passenger cars.

다. 국내 시내버스의 경우, 공회전 시간이 전체 운행시간의 30.9%를 차지하고 있고, 공회전 제한장치 등을 사용하여 공회전 상태를 감소시킬 경우 연료가 약 9.45% 정도 절감된다고 추산하고 있다(Shim *et al.*, 2010). 따라서 본 연구에서는 기존 속도 기반 배출량 산정 방법론으로 산정되지 않는 공회전 운행, 즉 시동을 켜 상태에서 운행을 하지 않은 Trip에 대한 온실가스 배출량을 확인하기 위해 수집한 운행정보를 토대로 공회전 시 연료사용량을 분석하였으며, 주행 시와 공회전 시 연료 사용율을 Table 17과 같이 도출하였다.

Table 17에서 보는 바와 같이 전체 운행정보 중 공회전 운행 Trip, 즉 시동을 켜고 실제 운행은 하지 않는 Trip이 전체 Trip 중 2.6%를 차지하는 것을 확인하였다. 또한 전체 연료사

용량 중 공회전 시 사용되는 연료 비율을 분석한 결과, 화물차의 경우 전체 연료사용량 중 공회전시 사용되는 연료의 비율이 20.8%로 상당히 높게 나타났다. 승용차의 경우, 공회전 운행 Trip이 전체 발생 Trip 중 2.5%를 차지하고 있으며, 평균적으로 약 3.9분간 공회전이 지속되는 것으로 분석되었고, 화물차의 경우에는 공회전 Trip이 전체의 2.5%를 차지하며, 평균 2.9분간 공회전 운행이 지속되는 것으로 나타났다. 승합차는 전체 Trip 중 3.9%가 공회전 Trip으로 약 10.2 분간 공회전 운행을 지속하는 것으로 분석되었고, 이는 해당 지자체의 자동차 운영특성 상 승합차가 불법 주정차 및 생활폐기물 무단 투기 지도 단속 등에 이용되기 때문에 공회전 운행 Trip이 많은 것으로 판단된다.

Table 17. Comparison of fuel consumption during drive mode

Category	Fuel type	Total trip (Unit)	Only idling trip		Fuel consumption during (%)	
			(Number)	(%)	Driving	Idling
Total		38,405	1,017	2.6	83.8	16.2
Passenger car	Gasoline	10,180	233	1.7	91.2	8.8
	Diesel	3,447	112	0.8	92.4	7.6
Van	Diesel	3,844	149	3.9	92.9	7.1
Truck	Diesel	20,934	523	2.5	79.3	20.8

4. 결 론

사 사

본 연구에서는 지방자치단체에 등록되어 운행 중인 공공기관의 개별 자동차를 대상으로 차종 특성을 고려하여 온실가스 배출지표를 산정할 수 있는 방법을 개발하고, 이를 정량적으로 비교할 수 있는 방법론을 제시하였다. 이를 위해 실제 운행 중인 자동차의 운행정보를 수집하였고, 수집된 운행정보에 대한 활동자료를 비교할 수 있는 방법을 제시하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 회계 기반의 운행일지와 비교를 위해 수집된 운행정보를 분석하였으며, 대상 자동차에서 수집된 운행정보를 기반으로 분석한 발생 Trip 수는 38,405회로 산출되었고, 총 운행시간은 9,402시간 05분 50초이며, 총 운행거리는 183,783 km로 분석되었다.
- 2) 연료 기반 배출량 산정 방법론을 적용한 두 결과는 약 3~10% 정도 오차를 보였고, 이는 회계 기반의 운행일지에 기록되어 있는 연료구매량 정보가 전량 사용되지 않은 정보이기 때문이라 판단된다. 연료사용량 기반의 두 가지 배출량 산정 결과에 비해 운행속도와 운행거리 기반의 배출량 산정 결과는 약 23~26% 정도 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.
- 3) 운행속도와 운행거리 기반의 배출량 산정 결과가 운행정보의 연료사용량 정보 기반의 결과보다 평균 26.7%p 낮게 산출되었다. 또한 차종별로는 승용차가 약 15.3%p, 승합차가 25.3%p, 화물차가 37.0%p로 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.
- 4) 연료사용량을 기반으로 하는 방법론으로 엔진 열간 시 배출량과 미가열 시 배출량을 구분하고, 이를 속도 기반 함수식으로 산정한 배출량과 비교하면 최대 44.3%p까지 차이를 보이고 있었다(T-B2). 특히, 유종에 따른 특성이 확연하게 나타났으며, 대상 승용차 중 P-D1과 P-D2가 경유 엔진 자동차임을 감안하면 경유 엔진 자동차의 엔진 미가열 시 배출량이 전체 배출량 중 평균 15.7%를 차지하는 것으로 분석되었다.

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

REFERENCES

Boulter PG, Barlow TJ, Latham S, McCrae IS. 2009. Emission factor 2009: Report 1-A review of methods for determining hot exhaust emission factors for road vehicles, UK Transport Research Laboratory.

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.

Choi SJ, Park GJ, Park SK, Hong YS, Kim PS, Jang YK, Kim JS. 2013. Development of vehicle safety and eco driving analysis method. Proceeding of the 56<sup>th</sup> Meeting of KOSAE. pp 178.

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 57<sup>th</sup> Meeting of KOSAE pp 196.

MEV. 2013. Guideline for the greenhouse gas and energy target management system(Ministry of Environment).

MOLIT. 2014. Statistics of ministry of land, infrastructure and transport(Ministry of Land, Infrastructure and Transport).

MOLIT. 2012. Transportation logistics of greenhouse gas emissions research report(Ministry of Land, Infrastructure and

- Transport).
- NIER. 2009. Establishment of climate change responding system for transportation sector(II) - Development of GHGs emission factors for vehicle by bottom-up approach.
- 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.
- Shim MK. 2010. A study on air quality enhancement and CO<sub>2</sub> reduction with analyzing idling stop of vehicle. Dissertation, Kangwon National University.