

자동차 온실가스 저감정책에 따른 이산화탄소 저감 효과 평가

Evaluation of CO₂ Reduction Effected by GHG Reduction Policy of Vehicle

박연재 · 권상일¹⁾ · 이재영^{2),*}

서울시립대학교 일반대학원 환경공학과, ¹⁾국립환경과학원 교통환경연구소,

²⁾서울시립대학교 환경공학과

(2015년 5월 22일 접수, 2016년 5월 17일 수정, 2016년 6월 2일 채택)

Yeon Jae Park, Sang Il Kwon¹⁾ and Jae Young Lee^{2),*}

Department of Environmental Engineering, Graduated School, University of Seoul

¹⁾*Transportation Pollution Research Center, National Institute of Environmental Research*

²⁾*Department of Environmental Engineering, University of Seoul*

(Received 22 May 2015, revised 17 May 2016, accepted 2 June 2016)

Abstract

Greenhouse gas (GHG) emissions have given rise to climate change which is one of the most serious environmental challenges that the world faces today. In response, Republic of Korea has proposed “Low Carbon, Green Growth” as a new economic paradigm accompanying with the ultimate aim of building a sense of responsibility for the environment. Korean government has set the ambitious national GHG emission reduction target which aims 37% reduction in the business-as-usual (BAU) level of 2030. The transportation sector plays a key role in this target. In the transportation sector, the GHG reduction target of 34.3% in the BAU level by 2020 has been allocated in order to consider the industrial specificity. Furthermore, it is known that the GHG reduction in the transportation sector has relatively minimal side effects compared to those of other sectors. In order to meet this national GHG reduction target, Korean government has set CO₂ emission regulation of vehicle for 2020.

The purpose of this study is to evaluate the reduction effects by the average GHG regulation of vehicles. CO₂ emissions, between 2009 and 2013 were analysed by reduction measure such as technology improvement, light-weight, segment shift, diesel vehicle sales. During this period, CO₂ of vehicle was reduced every year by 19.9 g/km (i.e., 3.3% reduction per year). CO₂ reduction of imported vehicle is greater than domestic vehicle because of segment shift toward small size vehicle and higher diesel vehicle sales.

Key words : CO₂, BAU, Greenhouse gas, Segment shift, Emission target

*Corresponding author.

Tel : +82-(0)2-6490-2864, E-mail : leejy@uos.ac.kr

1. 서 론

기후변화와 관련하여 온실가스 감축은 가장 중요한 환경이슈가 되고 있으며, IPCC는 제5차 평가보고서를 통해 온실가스의 감축 없이 현재와 같은 추세로 온실가스를 배출하여 이산화탄소 농도가 2100년 936 ppm에 도달할 경우 21세기 말 지구의 평균 기온은 1986~2005년에 비해 3.7°C 오르고 해수면은 63 cm 상승할 것으로 전망하였다(IPCC, 2013).

1992년 리우환경회의에서 기후변화협약이 체결되고 2002년 교토의정서가 비준된 후 전 세계적인 온실가스 감축 노력이 진행되고 있으며, 우리나라는 교토의정서상의 의무감축국(Annex I)은 아니지만 2009년 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 30%를 감축하는 자발적인 온실가스 국가 감축 목표를 확정하여 코펜하겐 당사국총회(COP15, 2009)에서 공식 발표하고 2010년 유엔기후변화협약(UNFCCC)에서 서면으로 제출하였다. 이후 각 분야별 세부 감축 이행방안이 포함된 국가 온실가스 감축 로드맵(Korea Government, 2014)을 발표하고 강도 높은 온실가스 감축을 추진하고 있다. 또한, 제21차 파리 기후변화협약 당사국총회(COP21, 2015)에서 선진국과 개발도상국이 모두 포함된 총 195개국이 참여하는 신기후변화체제인 파리협정(Paris Agreement)이 채택되어 지구 평균 기온 상승을 1.5°C 이내로 제한하는 목표를 제시하였고(UNFCCC, 2015), 우리나라는 협정의 이행을 위해 2030년 온실가스 배출전망치(BAU)의 37%를 감축하는 2030 온실가스 감축 로드맵을 2016년 중으로 확정할 예정이다(MOE, 2016).

우리나라의 수송부문 온실가스 배출량은 2012년 기준으로 86.4백만 톤으로 전체 배출량 688.3백만 톤의 12.5%를 차지하고 있으며, 산업부문에 비해 비용 투입 효과가 적어 중요 감축대상이 되고 있다(GIR, 2014). 국가 온실가스 감축 로드맵에서도 타 부문(건물 26.9%, 발전 26.7%, 공공기타 25%, 산업 18.5%)보다 높은 2020년 BAU 대비 34.3%의 감축 목표를 설정하고 있으며, 이를 위해 교통수요 정책, 바이오연료 보급, 자동차 온실가스 기준 강화, 친환경차 보급 등이 추진 중이며 가장 많은 온실가스 감축량이 할당된 자동차 평균 온실가스 규제이다. 자동차 평균 온실가스 규제는 자

동차제작사별로 판매된 모든 자동차의 평균 온실가스를 기준 이내로 제한하는 규제 기준을 초과 시에는 초과된 양에 대해 과징금이 부과되는 제도로 2020년 자동차 온실가스 및 연비기준을 각각 97 g/km, 24.3 km/L로 설정하였다(MOE, 2014). 이는 2015년 기준 140 g/km, 17 km/L에 비해 30.7%, 42.9% 강화된 기준으로 자동차제작사에서는 기준 달성을 위해 차량 경량화, 직접분사기술, 엔진 다운사이징, 가변밸브, 변속기 성능 향상 등의 온실가스 저감 기술 적용 및 하이브리드자동차, 전기자동차 등 친환경차 보급 등 강도 높은 온실가스 감축 대책 적용이 필요하게 되었다.

자동차의 감축기술 향상이 없을 경우에는 마드리드에서의 이동오염원에 의한 CO₂ 배출량이 2002년 대비 2012년에는 16% 증가할 것으로 예측하였다(Lumbresas *et al.*, 2008).

또한, 유럽에서는 다운사이징, 자동차의 하이브리드화, 경량화 및 소형차종으로의 판매량 변화 등이 없을 경우 CO₂ 저감목표를 맞추지 못하는 것으로 예측하였고(Francois, 2009), 기술적인 감축 또는 규제와 같은 정책적인 개입 없이는 2050년까지 CO₂ 배출량이 약 2배 증가할 것으로 예측하였다(Fulton *et al.*, 2009). 이에 유럽에서는 자동차의 온실가스 규제를 도입하게 되었다(EC, 2009).

미국, 유럽 및 일본은 자동차에서 배출되는 온실가스를 감축하기 위하여 자동차 온실가스 배출기준을 그림 1과 같이 설정하였다. 국내 온실가스 시험방법인 복합모드 기준으로 유럽은 2021년에 91 g/km, 일본 2020년에 100 g/km, 미국 '20년에 113 g/km로 기준을 설정하여 자동차 부문의 온실가스 감축을 추진하고 있다(ICCT, 2012; Drake *et al.*, 2012). 2009년부터 2013년

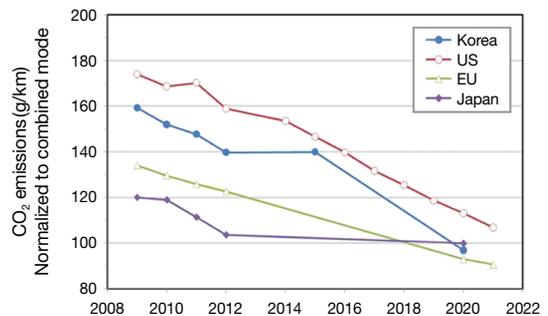


Fig. 1. Comparison of CO₂ emission and regulation.

Table 1. Vehicle sales number by year.

Manufacturer	2009	2010	2011	2012	2013
All manufacturer	1,228,837	1,274,383	1,302,246	1,254,840	1,229,682
Domestic manufacturer	1,167,795	1,184,950	1,197,076	1,127,181	1,072,867
Imported manufacturer	61,042	89,433	105,170	127,659	156,815

까지의 온실가스 감축실적은 유럽은 연평균 3.2%, 일본 4.8%, 미국 3.0%로 나타났고, 2020년 기준 달성을 위한 연평균 요구 감축률은 4% 내외인 것으로 조사되었다(ICCT, 2012).

전 세계적으로 교통분야로부터의 CO₂ 배출량 중 이동오염원은 20~30%를 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다(Silva *et al.*, 2009; Yan, 2009). 최근에 이동오염원의 CO₂ 저감을 위한 대책으로 전기자동차의 보급이 되고 있으나, 충전기 보급, 높은 차량가격, 짧은 주행거리 등의 문제점으로 크게 활성화되고 있지 않다. 따라서 내연기관자동차가 당분간 계속 보급될 것으로 기대된다(Prophe *et al.*, 2013). 이에 자동차제조사에서는 현행 자동차의 성능 및 안전수준을 유지하면서 CO₂를 저감시키는 엔진배기량 축소, 경량화, 터보차저 장착 등 다양한 기술을 적용하고 있다. 자동차의 기술 향상을 통해 장기적으로 35%까지 CO₂ 배출량을 줄일 수 있는 것으로 예측하였다(Pasaoglu *et al.*, 2012)

이에 본 연구에서는 자동차 평균 온실가스 규제에 따른 온실가스 감축 효과를 분석하기 위하여 온실가스 기준이 설정된 이후 기간인 2009년부터 2013년까지의 연도별 자동차 평균 CO₂ 저감량과 저감 수단으로 사용되는 기술적용, 차량경량화, 차급변화 및 디젤차 비중 변화에 따른 효과를 구분하여 분석하였다.

2. 연구내용 및 방법

자동차 평균 온실가스 기준 설정에 따른 CO₂ 저감 효과를 평가하기 위하여 기준이 발표된 '09년부터 '13년까지의 각 차종별 CO₂ 배출량 및 판매대수를 이용하였다.

2.1 분석대상 자동차

자동차는 차량총중량 3.5톤 이하의 소형자동차와 3.5톤 초과와 대형자동차(버스, 트럭)로 구분되나, 우리나라

Table 2. Specification of the test modes in this study.

Specification	FTP mode	Highway mode
Total trip length (km)	17.85	16.4
Average speed (km/h)	34.1	78.2
Maximum speed (km/h)	91.2	96.5

의 경우 온실가스 기준을 승용자동차 및 승합자동차 중 승차인원이 10인 이하이면서 총중량 3.5톤 미만의 자동차에만 적용하고 있다. 이에 본 연구소에서는 기준 설정에 따른 CO₂ 저감 효과를 평가하기 위해서 분석대상차종은 온실가스 기준이 적용되는 승용자동차 및 승합자동차 중 승차인원이 10인 이하이면서 자동차 총중량이 3.5톤 이하인 자동차로 한정하였다. 표 1에 분석대상 자동차의 연도별 판매량을 나타내었다. 국내 제작 자동차는 2011년까지 증가하다가 감소하는 추세를 보인 반면, 수입사는 매년 평균 26.6%씩 판매가 증가하였다.

2.2 시험장치 및 CO₂ 배출량 측정방법

시험장치는 자동차가 실제 도로상을 주행할 때의 주행저항을 모사하는 차대동력계, 배기가스를 샘플링하는 정용량시료채취장치 및 배기가스 분석기로 구성되어 있다. CO₂ 배출량은 비분산적외선(Nondispersive Infrared) 방식의 분석기로 측정하며, 차대동력계상에서 운전자를 포함하여 2인이 탑승한 것을 가정한 시험중량을 부여한 자동차를 시험 모드에 따라 운전하면서 측정된 결과이다. 시험 모드는 자동차 온실가스 기준 적용 시 사용되는 시내 주행인 FTP-75 (Federal Test Procedure-75) 모드와 고속도로 주행인 Highway 모드를 사용하였고, 표 2에 각 시험 모드의 특성을 나타내었다. 최종 배출량은 위 두 가지 시험 모드에서의 시험결과를 FTP-75 모드 55%, Highway 모드 45%를 가중 평균한 값이며, 계산식은 환경부고시인 자동차 평균에너지소비효율기준·배출허용기준 및 기준의 적용 관리 등에 관한 고시에 따라 다음 식을 이용하였다(MOE,

2014)

$$CO_2 = 0.55 \times (CO_{2,FTP-75}) + 0.45 \times (CO_{2,Highway}) \quad (1)$$

여기서 CO₂ 배출량은 개별차량의 복합 모드 평균 CO₂ 배출량(g/km)이며, (CO_{2,FTP-75})은 FTP-75 모드 시험 시의 CO₂ 배출량(g/km), (CO_{2,Highway})는 Highway 모드 시험 시의 CO₂ 배출량(g/km)을 의미한다.

2.3 제작사별 평균 CO₂ 분석방법

자동차의 CO₂ 배출허용기준은 제작사별 판매자동차의 평균 배출량을 기준으로 하고 있어 규제 적용에 따른 저감 효과를 평가하기 위해 전체 평균 CO₂ 배출량은 규제방법에서 사용하고 있는 방식과 동일하게 각 차종별 CO₂ 배출량에 판매량을 가중 평균한 값이며, 다음의 식으로 계산하였다.

$$CO_{2,ave} = \frac{\sum_{i=1}^n (CO_{2,i} \times S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (2)$$

여기서 CO_{2,ave}는 전체 차종에 대한 평균 CO₂ 배출량(g/km)이며, CO_{2,i}는 각 차종별 CO₂ 배출량(g/km), S_i는 각 차종별 판매량, n은 각 차종수를 의미한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 자동차 연도별 CO₂ 배출량 변화

국내 제작사 및 수입사의 연도별 평균 CO₂ 배출량을 그림 2에 나타내었다. 자동차 CO₂ 규제 도입에 따라 전체 차량의 평균 CO₂는 2009년 159.4 g/km에서 2013년 139.5 g/km로 19.9 g/km로 연평균 3.3% 감소하였으며, 2013년에 이미 2015년의 기준 140 g/km를 달성하여 규제 효과가 큰 것으로 나타났다. 다만, 수입사의 연평균 CO₂ 감축률이 7.4%로 국내사 감축률 3.1%보다 높은 것으로 나타났다. 이는 수입사의 경우 기준연도인 2009년도의 CO₂ 배출량이 높아 규제기준을 만족하기

위하여 더 많은 감축수단이 적용된 것으로 판단된다.

그림 3 및 표 3과 같이 각 CO₂ 점유율에 있어서는 2009년 대비 2013년도에는 CO₂ 170 g/km 이상 배출되는 자동차가 39%에서 13%로 감소된 반면, 140~170 g/km 배출되는 자동차는 28%에서 35%로, 2015년 기준인 140 g/km 이하인 차량은 32%에서 52%로 증가하였다. 상대적으로 CO₂ 170 g/km 이상의 고 배출자동차의 감소율이 높은 이유는 차급별 판매량의 변화가 없는 점을 고려 시 기술적용에 따른 감축으로 판단되며, 차량 가격상승 측면에서 상대적으로 기술 적용이 유리하여 제작사에서 CO₂ 배출량이 높은 고배기량 자동차

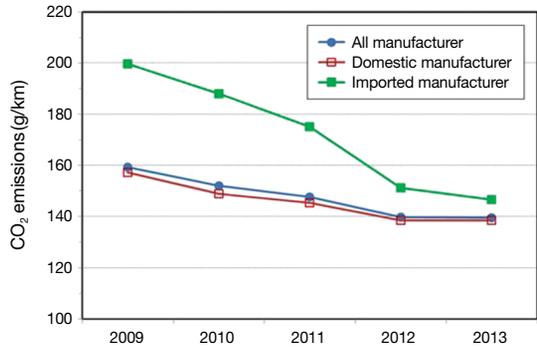


Fig. 2. Vehicle CO₂ emission by year.

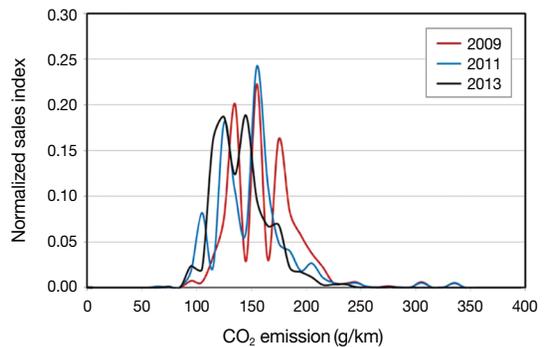


Fig. 3. Normalized Vehicle Sales Distribution by CO₂.

Table 3. Annual sales change of vehicle by CO₂ section.

CO ₂ emission section (g/km)	2009	2010	2011	2012	2013
≤ 140 g/km	32%	37%	41%	52%	52%
140 g/km < CO ₂ < 170 g/km	28%	41%	42%	38%	35%
≥ 170 g/km	39%	23%	17%	11%	13%

에 저감 기술을 우선적으로 적용한 것으로 보인다.

3.2 자동차 연도별 평균 공차중량 변화

차량경량화는 CO₂ 저감의 주요한 수단이며, 차량 중량이 120 kg 감소 시 CO₂ 3~4%가 감소한다(Lee *et al.*, 2005). 그림 4에는 3.1절에서 나타난 연도별 CO₂ 저감율에 차량경량화가 기여하는 정도를 알아보기 위하여 연도별 평균 공차중량의 변화를 나타내었다. 국내 제작사 및 수입사 모두 2009년 대비 2013년에 거의 변화가 없거나 국내 제작사의 경우 약간 높은 것으로 나타나 CO₂ 저감에 차량 경량화는 반영되지 않았음을 알 수 있었다. 이는 자동차의 평균 온실가스 기준이 제작사별 평균 차량 중량에 따라 차등 적용되어 자동차 제작사에서 경량화 기술의 필요성이 상대적으로 적어서 발생하는 것으로 판단된다. 제작사의 평균 온실가

스 기준은 다음 식으로 계산되며, 자동차의 평균 중량이 100 kg 증가 시 CO₂ 기준이 5.88 g/km 높아진다. 우리나라와 동일한 자동차 중량에 따른 기준 계산식을 적용하는 유럽의 경우에도 2011년 대비 2013년도에 자동차 평균 공차중량이 100 kg 증가하는 것으로 나타나 (EEA, 2014) 제작사의 차량경량화를 통한 CO₂ 감축을 유도하기 위해서는 차량 중량에 따른 기준 계산식에 대한 재검토가 필요할 것으로 보인다.

$$\text{CO}_2 \text{ Emission target} = 140 + 0.0588 \times (M - 1423.2) \quad (3)$$

여기서, M은 해당연도의 제작사별 판매자동차의 평균 공차 중량(Vehicle Curb Weight) 값(kg)을 의미하고, 공차중량은 운전자를 포함한 승객 및 화물이 없는 자동차 자체의 무게를 의미한다.

3.3 자동차 저감 기술 적용을 통한 CO₂ 배출량 감축

그림 2와 같이 2009년부터 2013년 사이에 전체 차량의 CO₂ 감축은 12.5%이며, 제작사별로 국내 제작사는 11.9%, 수입사는 26.5%이다. 그러나 이는 전체 판매 차량의 판매량 가중 평균 값이므로 차급의 변화 또는 유종별 차량 판매량의 변화가 반영되어 있어 기술 적용에 따른 CO₂ 감축 효과를 산정할 수 없다. 따라서 차량의 저감 기술 적용에 따른 기술적 감축률을 산정하기 위하여 배기량별, 유종별로 구분하여 CO₂ 감축률을 그림 5에 나타내었다. 배기량별로는 1,000 cc 미만 경차, 1,000~1,600 cc 소형차, 1,600~2,000 cc 중형차,

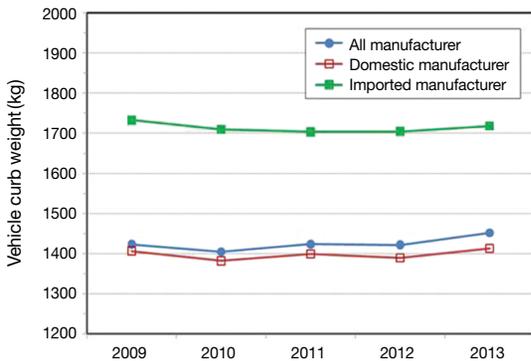


Fig. 4. Vehicle curb weight by year.

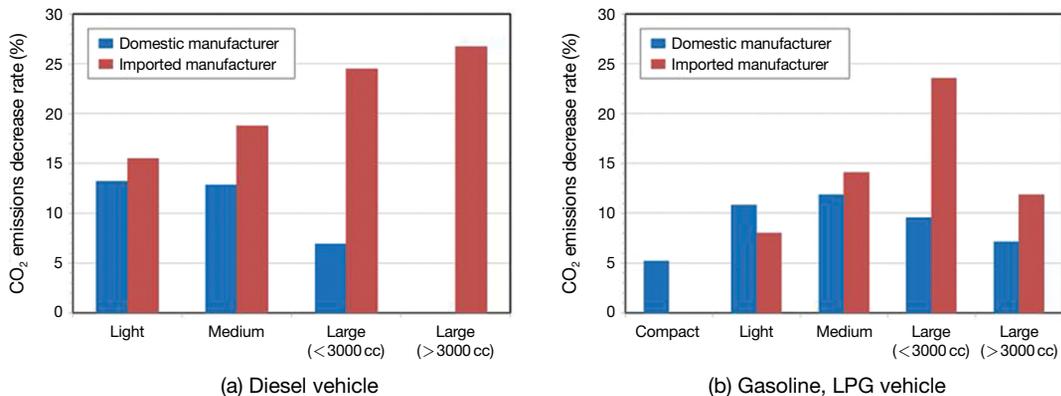


Fig. 5. Vehicle CO₂ emission decrease rate by engine size between 2009 and 2013 year.

2,000~3,000 cc 대형차, 3,000 cc 이상을 초대형차로 구분하였다. 경유차의 경우 국내 제작사는 차량 판매량이 높은 소형차와 중형차의 감축률이 13.2%, 12.9%로 대형차 6.9%에 비해 상대적으로 높은 반면, 수입사는 기술 적용이 용이한 중·대형차의 감축률이 18.8%, 24.5%로 소형차 15.5%에 비해 높게 나타났다. 휘발유차에 있어서도 경유차와 유사하게 국내 제작사는 차량 판매량이 높은 중·소형차의 감축률이 높은 반면, 수입사는 중·대형차의 감축률이 높았다. 이는 자동차 온실가스 기준이 전체 판매차량의 평균 배출량을 기준으로 하므로 저감 기술의 적용을 판매량이 높고, 기술 적용이 용이한 차량에 우선 적용한 것으로 판단된다. 또한, 국내 제작사의 경우 소량 판매 차량인 경차와 초대형차를 제외하고 10% 내외의 저감율을 보여 전체 차

량 저감을 11.9%와 유사한 반면, 수입사의 경우 일부 대형차만 25% 이상의 저감율을 보이고 대부분의 차량에서 전체 차량 저감율 26.5% 보다 낮은 값(8~18.8%)을 보여 기술 적용에 따른 CO₂ 감축 이외에 차급의 변화와 경유차 판매 비율의 증가 등의 다른 수단에 의해 CO₂ 감축이 발생하였음을 알 수 있다. 이는 자동차의 평균 CO₂ 배출량 저감을 위해서는 기술 적용을 통한 감축 이외에 다른 수단이 상당히 유효한 방법이 될 수 있음을 보여준다.

3.4 자동차 차급 및 경유차 판매 비율 변화

그림 5에서 보듯이 저감 기술 적용을 통한 CO₂ 감축 이외에 다른 수단의 감축방안이 실제 자동차 평균 CO₂ 감축 수단으로 사용된 것을 알 수 있다. 특히 중소형차

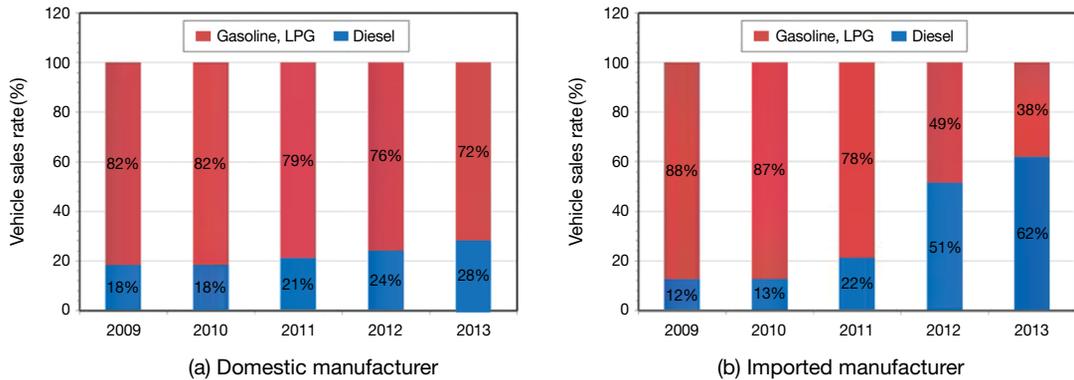


Fig. 6. Vehicle sales rate by fuel between 2009 and 2013 year.

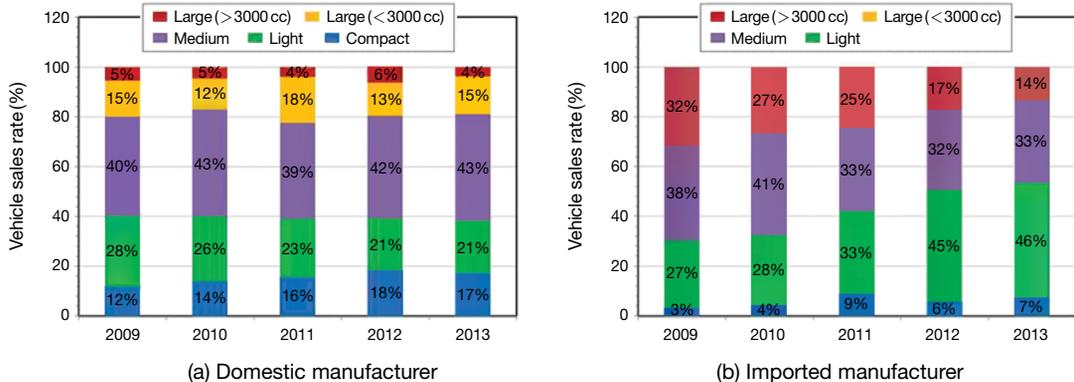


Fig. 7. Vehicle sales rate by size between 2009 and 2013 year.

Table 4. CO₂ emission by vehicle size and fuel type.

	Fuel type	Size	CO ₂ emission					Reduction rate (%)
			2009	2010	2011	2012	2013	
Domestic manufacturer	Diesel	Light	134.4	130.9	119.1	115.6	116.6	13.2
		Medium	168.5	158.6	157.6	149.2	146.8	12.9
		Large (< 3,000 cc)	188.3	191.4	185.5	173.9	175.3	6.9
		All	172.6	163.9	163.2	150.1	148.7	13.9
	Gasoline, LPG	Compact	120.9	116.3	112.9	115.5	114.7	5.2
		Light	138.4	132.1	127.2	123.4	123.4	10.8
		Medium	163.8	152.1	148.7	140.9	144.4	11.8
		Large (< 3,000 cc)	184.4	178.8	164.7	160.8	166.7	9.6
		Large (> 3,000 cc)	203.2	204.2	197.0	191.5	188.7	7.1
		All	154.0	145.6	140.6	135.3	139.7	9.3
Imported manufacturer	Diesel	Light	121.0	119.3	108.1	101.8	102.2	15.5
		Medium	153.8	145.2	135.7	124.0	124.9	18.8
		Large (< 3,000 cc)	207.3	201.2	181.2	162.0	156.5	24.5
		Large (> 3,000 cc)	262.7	257.5	244.8	192.5	192.4	26.8
		All	177.8	161.4	149.3	134.9	134.1	24.5
	Gasoline, LPG	Light	152.6	149.6	140.1	136.4	140.4	8.0
		Medium	178.6	166.0	147.5	145.6	153.5	14.1
		Large (< 3,000 cc)	200.5	196.7	194.6	163.4	153.2	23.6
		Large (> 3,000 cc)	230.5	226.0	223.9	207.0	203.2	11.9
		All	206.6	200.5	191.1	172.0	169.5	17.9

로의 차급 변화 및 경유차 판매 비율 증가는 감축기술 적용과 함께 자동차 평균 CO₂ 감축의 주요 수단이다 (Francois, 2009). 그림 6에는 국내 제작사 및 수입사의 연도별 경유차·휘발유, LPG차의 판매 비율을 나타내었고, 그림 7에는 차급별 판매 비율을 나타내었다. 일반적으로 경유차는 높은 압축비에 의한 열효율이 높아 가솔린차에 비해 연비가 20~30% 높고, CO₂가 적게 배출된다(Kim *et al.*, 2008). 최근 경유차의 판매 비율은 고유가와 소비자의 높은 연비 선호도에 따라 지속적으로 증가하여 국내 제작사의 경우 2009년 18%에서 2013년 28%로 증가하였고, 수입사는 2009년 12%에서 2013년 62%로 급격히 증가하였다. 그러나 표 4에서 볼 수 있듯이 국내 제작사의 경유차는 휘발유차량 평균 CO₂보다 높고 중량이 무거운 SUV 차량 위주로 증가하여 경유차의 판매 증가가 평균 CO₂ 감축에 영향을 주지 못한 반면, 수입사의 경우는 휘발유차에 비해 CO₂ 배출이 평균 30 g/km 이상 낮게 배출되는 경유 승용차 위주로 판매가 증가함에 따라 전체 평균 CO₂ 저감에 크게 기여하였음을 알 수 있다. 이는 그림 5에서와 같이 수입차의 경우 기술적 감축율보다 전체 CO₂ 배출량

의 감축이 높게 나타난 것과도 일치한다.

차급 변화에 있어서도 국내 제작사의 경우 중·대형차의 판매 비율 변화가 거의 없는 데 반해, 수입사는 CO₂ 배출이 높은 대형차의 판매 비율이 2009년 70%에서 2013년 47%로 급격히 감소하면서 중·소형차의 판매 비율이 증가하여 전체 평균 CO₂ 배출 저감에 기여하였음을 알 수 있다. 이는 수입사의 평균 CO₂ 저감율이 국내사에 비해 2배 이상 높은 원인으로 작용하였다.

그림 1에서 보듯이 2020년 온실가스 기준 97 g/km를 달성하기 위해서는 2015년 기준인 140 g/km에 비해 32%의 높은 CO₂ 감축이 요구된다. 따라서 국내사의 경우 2015년 기준 달성을 위해 사용된 감축기술 적용과 더불어 CO₂ 감축 효과가 높은 경·소형차로의 판매 차급 변화와 전기차 등의 무공해자동차 보급 등의 추가적인 감축 수단이 필요한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 자동차 평균 온실가스 규제에 따른

온실가스 감축 효과를 분석하기 위하여 온실가스기준이 설정된 이후 기간인 2009년부터 2013년까지의 연도별 자동차 평균 CO₂ 저감량과 저감 수단으로 사용되는 기술적용, 차량경량화, 차급변화 및 디젤차 비중 변화에 따른 효과를 구분하여 분석하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 국내 제작사 및 수입사의 연도별 평균 CO₂ 배출량은 연평균 3.3% 감소하여 2015년 기준 140 g/km를 달성하였고, 수입사의 연평균 CO₂ 감축률이 7.4%로 국내사 감축률 3.1%보다 높은 것으로 나타났다.

2) 연도별 차량의 평균 중량은 감소하지 않고 있어 CO₂ 감축에 차량 경량화 기술은 적용되지 않은 것으로 나타났다. 이에 현행 자동차 중량에 따른 기준 계산방법은 개선이 필요한 것으로 보인다.

3) 차량의 기술적 감축률을 산정하기 위하여 배기량별, 유종별로 구분하여 나타낸 CO₂ 감축률은 국내 제작사의 경우 차종별로 10% 내외의 저감율을 보인 반면, 수입사의 경우 일부 대형차만 25% 이상의 저감율을 보이고 대부분의 차량에서 8~18.8%의 낮은 저감율을 보여 기술 적용에 따른 CO₂ 감축 이외에 차급의 변화와 경유차 판매 비율의 증가 등의 다른 수단에 의해 CO₂ 감축이 발생하였음을 알 수 있다.

4) 경유차의 판매 비율은 국내 제작사의 경우 2009년 18%에서 2013년 28%로 증가하였고, 수입사는 2009년 12%에서 2013년 62%로 급격히 증가하였다. 그러나 CO₂ 보다 높고 중량이 무거운 SUV 차량 위주의 경유차를 판매한 국내 제작사에 비해, 수입사의 경우는 휘발유차에 비해 CO₂ 배출이 평균 30 g/km 이상 낮게 배출되는 경유 승용차 위주로 판매가 증가함에 따라 전체 평균 CO₂ 저감에 크게 기여하였음을 알 수 있다.

5) 차급 변화에 있어서는 국내 제작사의 경우 중·대형차의 판매 비율 변화가 거의 없는 데 반해, 수입사는 CO₂ 배출이 높은 대형차의 판매 비율이 2009년 70%에서 2013년 47%로 급격히 감소하면서 중소형차의 판매 비율이 증가하여 전체 평균 CO₂ 배출 저감에 기여하였다.

6) 본 연구결과 자동차의 평균 CO₂ 감축은 저감 기술 적용 이외에 CO₂ 배출량이 적은 경·소형차로의 차급 변화와 경유승용차의 보급 확대가 기여할 수 있음을 확인하였다.

References

- Drake, D., T. Walton, M. Whinihan, and D. Aldorfer (2012) Using Economic Analysis to Assess the Viability of Post-2016 MY Greenhouse Gas Emission and Fuel Economy Standards for Light Duty Vehicles, *Journal of Society of Automotive Engineers*, 2012-01-0754. (Internet printed)
- European Commission (EC) (2009) Setting Emission Performance Standards for New Passenger Cars as Part of the Community's Integrated Approach to Reduce CO₂ Emissions from Light-Duty Vehicles (EC No 443/2009).
- European Environment Agency (EEA) (2014) CO₂ Emissions Performance of Car Manufacturers in 2012.
- Francois, C. (2009) CO₂ Emissions from New Cars And Vehicle Weight in Europe; How the EU Regulation Could Have Been Avoided and How to Reach It?, *Energy Policy*, 37(10), 3832-3842.
- Fulton, L., P. Cazzola, and F. Cuenot (2009) IEA Mobility Mode (MOMO) And Its Use in the ETP 2008, *Energy Policy*, 37(10), 3758-3768.
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center (GIR) (2014) National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea.
- International Council on Clean Transportation (IPCC) (2012) Global Comparison of Light-Duty Vehicle Fuel Economy/GHG Emissions Standards.
- Kim, Y.T., H.K. Lee, J.H. Kang, S.B. Han, and Y.J. Chung (2008) Relationship between CO₂ Emission and Fuel Consumption Rate according to Used Fuels at Driving Mode, *Journal of Energy Engineering*, 17(4), 227-232. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.K., G.J. Yong, J.H. Lee, K.B. Lee, Y.S. Hong, H.W. Lee, H. Jung, and J.S. Lim (2005) The Study on the Fuel Economy according to the Variable Weight of Passenger Car, *Journal of Korean Society of Automotive Engineers*, KSAE052-F0293, 1861-1866. (in Korean with English abstract)
- Lumberas, J., M. Valdes, R. Borge, and M.E. Rodriguez (2008) Assessment of Vehicle Emissions Projections in Madrid (Spain) from 2004 to 2012 Considering Several Control Strategies, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(4), 646-658.
- Ministry of Environment (MOE) (2014) Notice of the Standards for the Efficiency of Average Energy Consumption of Automobiles, Standards for Allowable Emission of Greenhouse Gases from Automobiles And

- the Application and Management.
- Ministry of Environment (MOE) (2014) Roadmap for National Greenhouse Gas Reduction Goal.
- Pasaoglu, G., M. Honselaar, and C. Thiel (2012) Potential Vehicle Fleet CO₂ Reductions and Cost Implications for Various Vehicle Technology Deployment Scenarios in Europe, *The International Journal of the Political, Economic, Planning, Environmental and Social Aspect of Energy*, 40(1), 404-421.
- Propfe, B., D. Kreyenberg, J. Wind, and S. Schmid (2013) Market Penetration Analysis of Electric Vehicles in the German Passenger Car Market Towards 2030, *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(13), 5201-5208.
- Silva, C., M. Ross, and T. Farias (2009) Analysis and Simulation of "Low-Cost" Strategies to Reduce Fuel Consumption and Emissions in Conventional Gasoline Light-Duty Vehicles, *Energy Conversion and Management*, 50(2), 215-222.
- Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2015) *Adoption of the Paris Agreement*.
- Yan, X. (2009) Energy Demand And Greenhouse Gas Emissions During the Production of a Passenger Car in China, *Energy Conversion and Management*, 50(12), 2964-2966.