

운행자동차의 공회전 정지에 의한 CO₂ 저감량 산출 연구

심무경* · 임재명* · 이범호** · 홍성태** · 이대엽†
(2009년 5월 28일 접수, 2009년 8월 21일 수정, 2009년 8월 26일 심사완료)

Estimation of CO₂ Reduction by Applying Idling Stop to in-Use Vehicles

Mookyung Shim, Jay-Myoung Rim, Beomho Lee, Sungtae Hong and Daeyup Lee

Key Words: Idling Stop(공회전 정지), CO₂ Reduction(이산화탄소 저감), Idling Stop Execution Rate(공회전 정지 실시율)

Abstract

The effect of idling stop on CO₂ reduction was estimated, especially in the area of in-use vehicles. In order to know the fuel saving for each class of vehicles, a methodology to calculate the fuel saving was used along with a standard test using NIER-07 mode. Idling stop execution rate was estimated by analyzing the driving pattern of the in-use city buses, which shows about 75% at maximum. And this corresponds to about 5.4% reduction of the daily total fuel consumption. Finally, CO₂ reduction in the automotive sector was estimated, which concludes that, when idling stop device is used, about 480 thousand and 450 thousand tons of CO₂ could be reduced with in-use city buses and taxis, respectively. This amount corresponds to about 1.2% of CO₂ reduction in the automotive sector.

1. 서 론

2004년 현재 국내의 수송부문에서 배출되는 CO₂는 약 9천6백만톤에 상당하고, 이는 전체 배출량의 약 18.6%를 차지한다. 이 가운데 도로주행 차량이 차지하는 비율은 약 84.3%에 달한다(Fig. 1). 교통 수단별 배출량을 보면 많은 대수를 차지하는 승용차에서 약 3,534만 톤 정도가 배출되는 것을 알 수 있다⁽¹⁾(Fig. 2). 따라서 수송부문에서 특히 자동차의 연료 소비량을 줄이는 것은 지구온난화 방지뿐만 아니라 대기오염물질 저감을 위해서도 매우 중요하다.

자동차부문에서 CO₂ 규제는 1990년대부터 논의가 시작되었고, 최근 유럽에서는 2012년과 2020년 규제치 설정을 목표로 평균 CO₂ 배출을 줄이는 구체적인 기준을 제시하였다. 이 제안에 따르면 2012년에 승용차 플릿 평균 130g/km CO₂ 배출을 요구하고 있다. 이를 만족시키기 위해서는 엔진과 변속기를 포함하는 동력계 개선 기술이 필요하다. 바이오매스 연료, 공조시스템 효율 개선, 또는 타이어 저항 감소 등을 통하여 CO₂ 배출을 120g/km까지 더욱 줄이는 것도 가능할 것으로 예상하고 있다. 승용차 이외의 차종에 대하여 2012년 규제 목표와 2020년 규제 목표는 논의 중에 있다.⁽²⁾

현시점에서 미국의 제안은 승용차를 대상으로 2020년까지 CAFE(Corporate Average Fuel Economy) 규제를 30mpg으로 만족하는 것이고, 이는 160g/km의 CO₂ 배출에 해당된다. 승용차 이외의 다른 차종에 대한 규제 및 화석연료 이외

† 책임저자, 회원, 인하대학교 기계공학과
E-mail : dylee@inha.ac.kr
TEL : (032)860-7309 FAX : (032)876-7443

* 강원대학교 환경공학과
** 인하대학교 대학원 기계공학과

Table 1 Classified energy loss for passenger car

항목	시가지 주행 모드(%)	고속도로 주행모드(%)
공회전	17	4
엔진에서 손실	62	69
보조장치	2	2
구동계에서의 손실	6	5
공기 저항	3	11
지면 마찰	4	7
제동시 손실	6	2

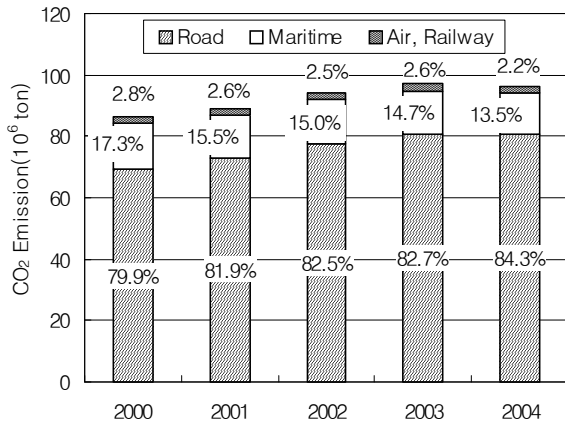


Fig. 1 CO₂ Emission of each transportation area (unit : million CO₂ ton)

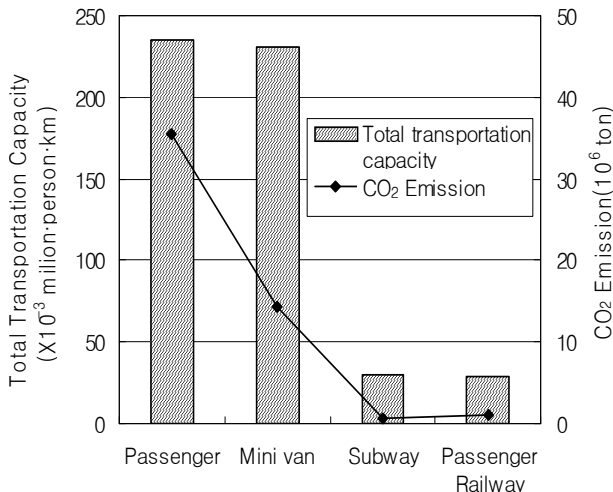


Fig. 2 CO₂ Emission for each transportation sector (Year 2001)

의 대체연료를 더 많이 사용하여 에너지 안보문제를 개선하고자 하는 점 등은 논의 중에 있다.⁽²⁾

미국 환경청의 조사⁽³⁾에 의하면 자동차 운행시 시가지주행 모드에서는 승용차의 에너지 손실에서 공회전에 의한 손실은 전체의 17%를 차지하고, 고속도로 주행모드에서는 승용차의 에너지 손실에서 공회전에 의한 손실은 전체의 4%를 차지하는 것으로 나타났다. (Table 1 참조).

즉 정지와 출발을 자주 반복하는 도로주행 패턴에서는 엔진의 공회전으로 인한 연료 손실이 높음을 알 수 있고, 공회전시 엔진을 정지하면 상당한 양의 에너지를 절약할 수 있음을 알 수 있다.

따라서 공회전시 엔진 정지(이하 공회전 정지)에 의한 연료 소비 저감 기술은 소요 비용이 상대적으로 매우 낮고, 비용대비 효과가 크기 때문에 제작차에도 적용이 확대되고 있다. 하이브리드 자동차에서는 공회전시 엔진 정지는 기본적인 기술로 적용되고 있음은 잘 알려져 있다. 그러나 스트롱 하이브리드 자동차는 일반적으로 약 25% 정도까지 연료 소비율이 향상되는 것으로 알려져 있지만, 차량 구입시 인센티브의 제공 등 제도적 지원책이 없으면 높은 차량 가격으로 인하여 보급이 쉽지 않다. 따라서 운행차 및 소형차 등에는 적은 비용으로 공회전 정지와 같은 기술을 적용하는 것이 상대적으로 유리하다. 도심지 주행을 모사하는 NEDC(New European Driving Cycle) 모드에서는 약 4%의 CO₂ 저감이 가능한 것으로 보고되었다.⁽²⁾ 또한 FTP Drive Cycle을 이용하여 공회전 정지 및 자동 시동 차량을 이용하여 측정된 결과, 시내모드에서는 5.3% 및 고속주행 모드에서는 4.0%의 연료저감율의 경향을 나타내고 있다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 운행차에 공회전 정지 장치⁽⁵⁾를 장착할 경우에 차종 및 보급대수에 따른 CO₂ 배출 저감량을 산출하고, 비용대비 효과 분석을 수행하였다.

2. 연료 저감량의 추정 방법

2.1 공회전 정지에 의한 연료 저감량의 추정

여기에 공회전 정지에 의한 CO₂ 저감 효과를 측정하기 위해서는 공회전 정지에 의한 연료 절약량을 측정하여야 한다. 공회전 정지에 의하여 실제로 저감되는 연료량은 엔진이 정지한 시간 동안에 소비되는 연료에 해당하기 때문에 다음과 같은 관계식으로부터 공회전 정지에 따른 연료 저감량을 계산할 수 있다.⁽⁶⁾

연료 저감량은 다음과 같이 총 공회전 정지 시간 가운데 시동을 통해 추가로 소비된 연료를 제외하여 계산이 가능하다.⁽⁷⁾

$$\text{연료 저감량} = \left(\sum_i^{n_s} t_i \right) \times f_{idle} - n_s \times f_{st} \quad (1)$$

- t_i : 정차시간
- n_s : 시동횟수
- n_i : 정차횟수
- f_{idle} : 공회전 연료소비량
- f_{st} : 1회시동시 연료소비량

총 정차시간과 실시율로 정리를 하면 다음과 같이 정리된다.

$$\begin{aligned} \text{연료 저감량} &= \left(\sum_i^{n_s} t_i \right) \times f_{idle} - n_s \times f_{st} \quad (2) \\ &= T \times R_t \times 10^{-2} \times f_{idle} - n_i \times R_n \times 10^{-2} \times f_{st} \\ &= T \times 10^{-2} \times \left(R_t \times f_{idle} - \frac{n_i}{T} \times R_n \times f_{st} \right) \\ &= T \times 10^{-2} \times R_t \times \left(f_{idle} - \frac{n_i}{T} \times \frac{R_n}{R_t} \times f_{st} \right) \end{aligned}$$

$$R_t = \frac{\sum_i^{n_s} t_i}{T} \times 100, R_n = \frac{n_s}{n_i} \times 100$$

- R_t : 시간실시율 (%)
- R_n : 횟수실시율 (%)
- T : 총정차시간(hr)

여기서 시간 실시율은 전체 공회전 시간 가운데 실제 공회전을 실시한(엔진을 정지한) 시간 비율을 나타내는 것이고, 횟수 실시율은 시간 대신에 공회전 정지 횟수를 적용한 비율을 나타내는 것이다.

엔진의 시동 시에는 원활한 시동을 위해 연료가 농후하게 분사된다. 이는 시동시에 추가적으로 연료가 소모됨을 의미하며 공회전 정지에 의한 연료 저감량을 계산할 때에 음의 효과로 반영을 시켜야 공회전 정지에 의한 연료 저감량을 정확히 계산할 수 있게 된다. Fig. 3에는 차종별 시동시의 연료 분사량을 측정된 결과를 나타낸 것으로 엔진 시동 시에 소모되는 연료는 크랭킹시 추가적으로 분사되는 연료(영역B), 공회전 연료 분사량(영역C)로 구분할 수 있으며, 1회 시동시 연료 소비량은 면적 {(B)+(C)}- (C)에 해당하게 된다. 이때, 연료 분사가 시작되어 분사량이 상승하는 영역(A)의 연료량은 전체 시동 연료량의 약 1.85±0.19%로 매우 작은 양이므로 본 연구에서는 무시하였다.

Table 2 Fuel consumption for idling and starting

구분	공회전시 연료소모량	시동시 추가연료량
버스 (CNG)	0.99 ± 0.03 (10 ⁻³ Nm ³ /s)	2.44 ± 0.11 (10 ⁻³ Nm ³ /회)
버스 (경유)	0.41 ± 0.01 (cc/s)	0.69 ± 0.10 (cc/회)
택시 (LPG)	0.288 ± 0.02 (cc/s)	1.52 ± 0.10 (cc/회)
트럭 (경유)	0.260 ± 0.02 (cc/s)	0.180 ± 0.10 (cc/회)

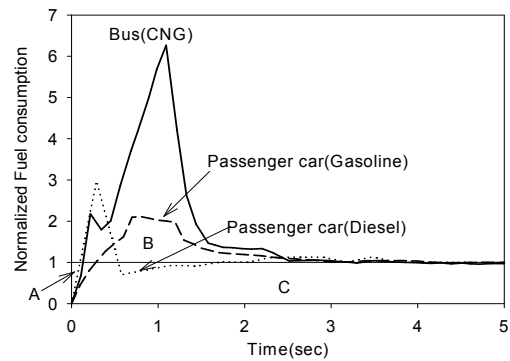


Fig. 3 Measurement of fuel consumption for starting

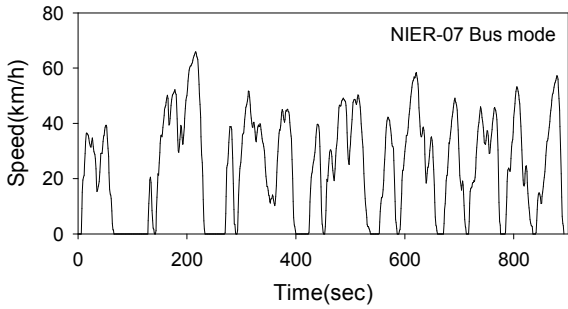
Table 2에는 차종별 공회전 연료 소모량 및 1회 시동시 연료량 측정 결과를 나타내었다. 공회전 연료 소모량은 차량의 배기량 및 차종에 따라 차이가 발생함을 알 수 있다. 1회 시동시 연료량은 60회의 시동을 반복한 후 측정된 연료 소모량으로부터 평균값을 구한 것이다. 연료 소모량 측정은 배출가스 가운데 CO₂, CO 및 THC의 측정치로부터 카본밸런스법을 이용하여 산출하였다.

2.2 표준 시험모드에 의한 공회전 정지시 연료 절약량의 측정

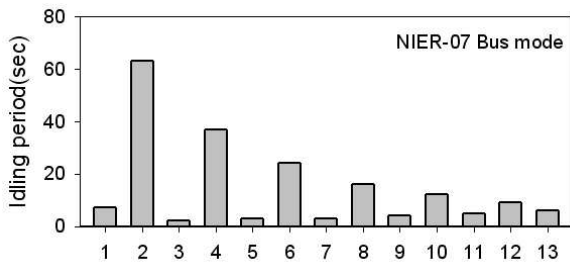
공회전 정지장치 장착 대상 차량에서 CO₂ 배출량 감소를 산정하기 위해서는 대상 차량의 공회전 정지에 따른 연료 저감량을 파악해야 한다. 이를 위하여 서울 시내의 일정 구간을 운행하여 운행 패턴을 차속별로 분류한 표준 모드인 NIER 모드⁽⁸⁾를 이용하여 공회전 정지에 의한 연료 저감율을 측정하였다. 시내버스의 운행패턴을 모사한 NIER-07 모드의 경우 12개의 대표 차속으로 이루어져 있고, 평균차속은 24.2km/h을 나타낸다.

Table 3 Characteristics of NIER-07 mode

모드차속 (km/h)	정차횟수 (회)	정차시간 비율(%)	총 주행시간 (sec)	총 주행거리 (km)
24.2	13	21.4	892	6.00



(a) Speed



(b) Distribution of stop(idling) period

Fig. 4 Speed and stop period of NIER-07 mode

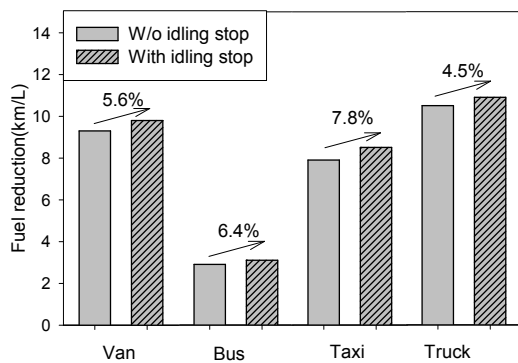


Fig. 5 Fuel saving by idling stop with NIER-07 mode

Fig. 4(a)에 차속을, Fig. 4(b)에 정차 시간(공회전 시간)의 분포를 나타내었고 Table 3에 모드의 주요 특성을 나타내었다.

NIER-07 모드를 이용하여 공회전 정지의 실시에 따른 연료 저감율 측정 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 차종에 따라 일부 편차가 발생하였지만 공회전 정

지의 실시에 따라 연료가 절약됨을 알 수 있다. 연료 절약량은 약 4.5~7.8%의 분포를 보이고 있다.

2.3 실도로 주행에서 공회전 정지에 의한 연료 저감량의 예측

여기에서는 앞에서 제시한 공회전 정지시 연료 저감량을 산출하는 방법을 실도로 주행에 적용하여 분석한 결과를 기술한다. 시내버스 9개 노선(서울시 7개 및 경기도 2개 노선)에 디지털 운행기록계를 장착하여 운행패턴을 분석하고, 이를 이용하여 공회전 정지시 연료 저감량을 산출하였다.

Table 4에는 각 노선별 특성을 나타내었고, Fig. 6에는 시내버스의 운행 패턴을 분석한 결과를 나타내었고, 이를 통하여 전체 운행구간에서 정차 시간 빈도를 알 수 있다.

이론적으로 공회전 실시율은 100%(차량이 정지할때마다 엔진을 정지하는 경우)가 될 수 있지만 실도로 주행에서는 공회전 실시율이 100%가 될 수 없다. 따라서 차량의 운행 패턴 분석에 의한 실제 공회전 정지 가능 시간을 이해하는 것이 중요하다. 실제 운전 상황에서는 여러 가지 이유로 인해서 공회전 상태임에도 불구하고 공회전 정지를 할 수 없는 상황이 존재한다. 공회전 제한장치에는 안전성, 연료 소비효율 최적화 및 운전자 편의성 등을 고려하여 공회전 정지 실시 여부를 제한하는 경우가 포함되어 있다. 즉, 차량이 정지하더라도 일정 시간동안 공회전 상태가 유지되어야만 엔진이 정지되는 기능(공회전 정지 대기시간), 정류장과 같은 짧은 정차시에 엔진이 정지하면 시동시 연료 소모량으로 인해 오히려 연료 소모가 증가하는 현상을 방지하기 위한 기능(단기 정차시 장치 미작동), 정체 구간에서 빈번한 엔진 정지 및 시동 반복을 방지하기 위한 기능(리셋 속도) 등을 열거할 수 있다. 시내버스 9개 노선의 운행 데이터를 분석한 결과, 실제로 가능한 최대 공회전 정지 실시율은 약 75%로 조사되었다. 이를 적용하여 실도로 주행 시내버스에서 연료 저감율을 산정하여 보면 Fig. 7에 나타난 바와 같고, 평균 5.4%의 저감율을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이 계산에는 2.1절에 언급된 공회전시 연료 저감량 추정 방법을 적용하였다.

다음에는 이와 같은 자료를 기초로 공회전 정

Table 4 Driving routes of city buses

지역	사용연료	노선길이 (km)	노선주행시간 (hr)	평균속도 (km/h)
서울	경유	28.6	1.77	16.7
		39.9	3.03	13.7
		45.0	2.74	17.2
	CNG	50.0	2.38	17.5
		35.7	2.03	14.4
		23.8	1.62	16.0
경기	경유	35.9	2.26	17.4
		40.0	2.17	18.4
		58.3	2.44	25.1

Table 5 Backgrounds for estimation of CO₂ emission

구분	계산 방법
CO ₂ 배출 총량	차종별 차량 일 주행거리 ⁹⁾ × 차량 대수 ⁹⁾ × 365일 × 주행거리 별 CO ₂ 배출계수 ¹¹⁾
연료 소모량	CO ₂ 배출량 ÷ 연료별 CO ₂ 배출계수 ¹²⁾
차종별 저감률 계산	세부 차종별 CO ₂ 및 연료 절감량을 차량 대수 기준으로 평균하여 계산

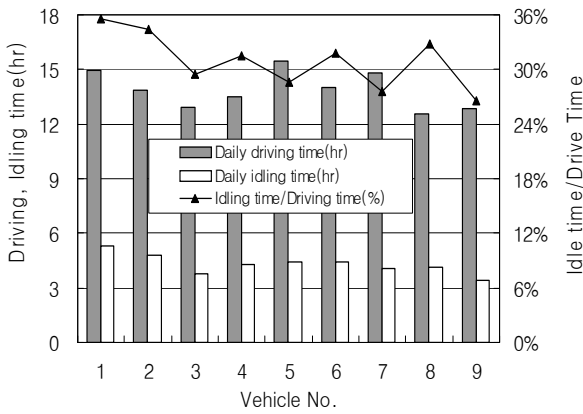


Fig. 6 Driving pattern analysis of city buses

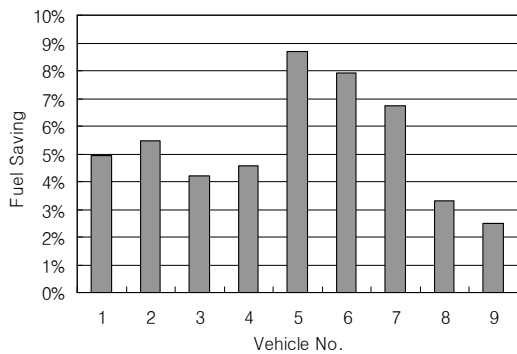


Fig. 7 Fuel saving of city buses with idling stop

지 장치를 적용하였을 경우에 자동차부문에서 CO₂ 저감량을 산정하였다.

3. CO₂ 저감량의 산정 및 분석

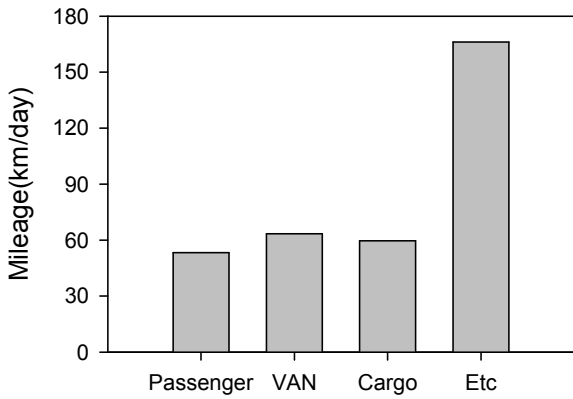
3.1 자동차부문 CO₂ 배출량의 산정

Table 5에는 자동차 부문에서 배출되는 CO₂ 배

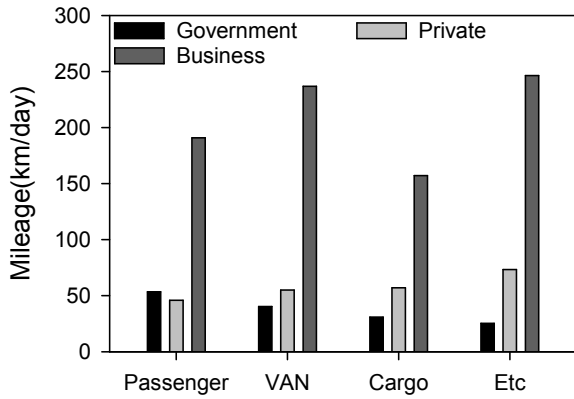
Table 6 CO₂ emission coefficients

차종	연료	CO ₂
승용	경차	휘발유 137.8
	소형	휘발유 180.9
	중형	휘발유 212.9
	대형	휘발유 235.7
택시		LPG 231.0
승합	소형	휘발유 251.7
		경유 243.3
		LPG 190.2
	중형	경유 315.1
	대형	경유 1382.4
화물	소형	휘발유 247.3
		경유 245.5
		LPG 187.9
	중형	경유 334.9
	대형	경유 1388.2

출량을 산출하기 위한 계산 방법과 근거를 나타내었다. 국내 자동차는 크게 승용, 승합, 화물 및 특수자동차로 구분이 가능하고 각 차종에서 용도에 따라 관용, 자가용, 영업용으로 구분되어진다. 참고 문헌에서 각 차종 및 용도 구분에 따른 차량의 2006년도 일 평균 주행거리는 Fig.8과 같이 나타난다. 각 차종별 연간 CO₂의 배출량은 일 주행거리와 Table 6의 주행거리에 따른 CO₂ 배출계수를 적용하여 산출이 가능하다. 차종별 연간 CO₂ 배출량에 차량대수를 적용하여 자동차 부문에서 배출되는 CO₂는 산출한 결과 연간 약 8,660만 톤의 CO₂를 배출함을 Fig. 9에서 알 수 있다. 차종별로 배출되는 비율은 차량대수 비율이 7.2%인 승합차량에서 15.7%의 CO₂가 배출되며 차량대수가 14.7%



(a) Average driving mileage



(b) Driving mileage for class and use

Fig. 8 Average driving mileage

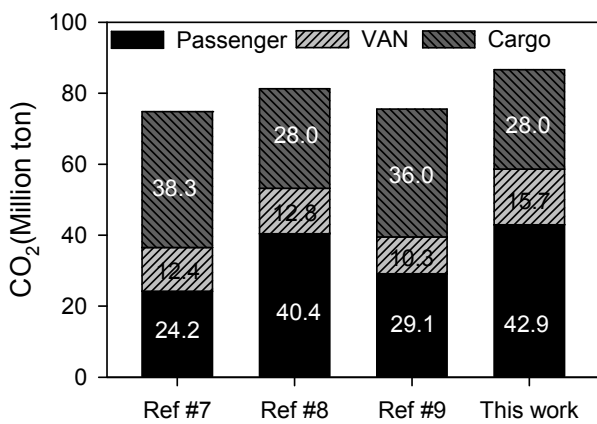


Fig. 9 Estimation of CO₂ emissions in transportation sector

인 화물차량에서 28.0%의 CO₂가 배출되어 승합차와 화물차량이 차량대수 대비 배출량이 높음을 알 수 있다. 또한 CO₂의 효과적인 저감을 위해서는 대수에 비하여 CO₂배출량이 높은 승합과 화물차량

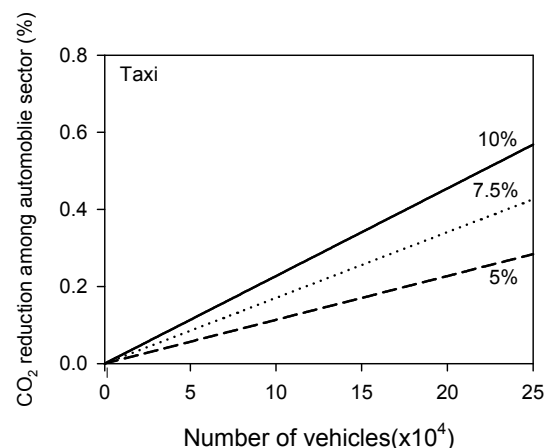
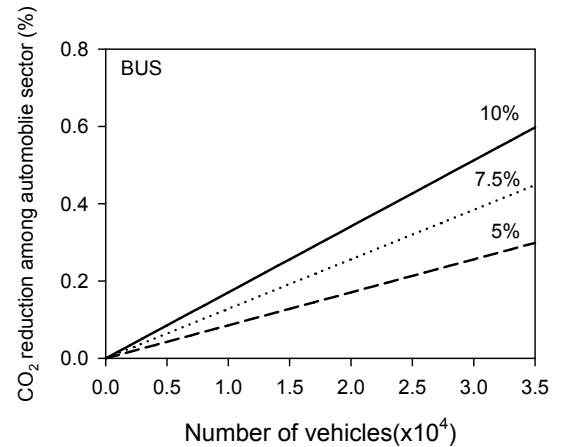
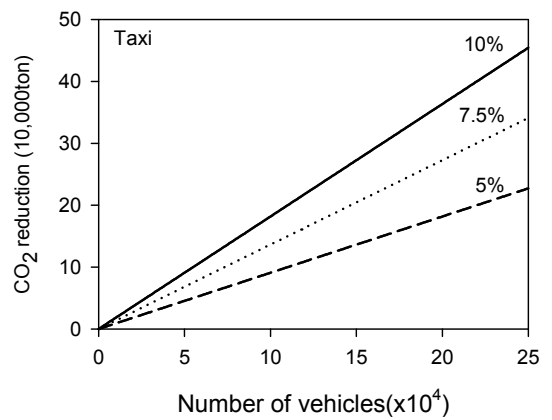
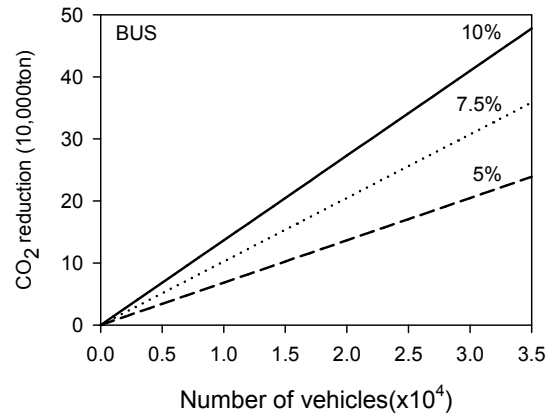
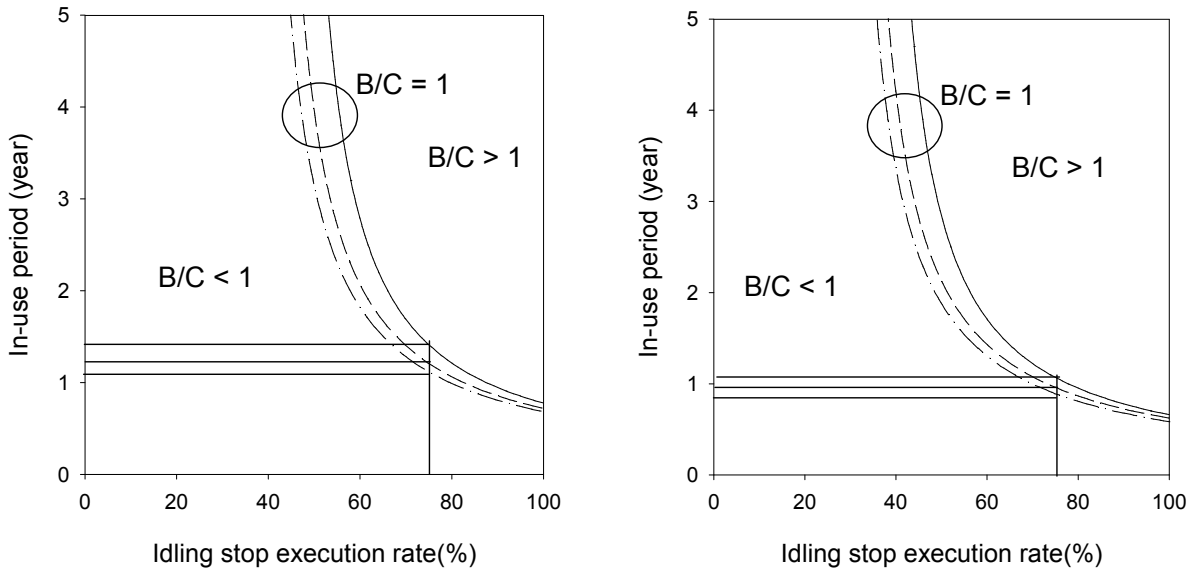
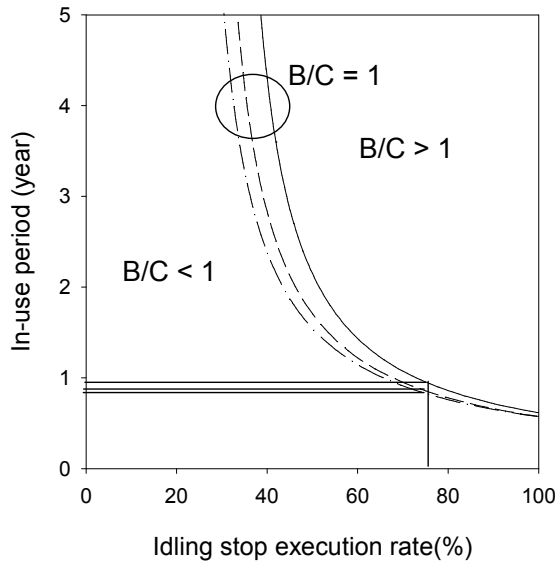


Fig. 10 CO₂ reduction with city bus and taxi



(a) Replacement period of starter motor : every 6 months

(b) Replacement period of starter motor : every 9 months



(c) Replacement period of starter motor : every 12 months

Fig. 11 Benefit/cost=1 as a function of idling stop execution rate and in-use period

- Battery replacement : every 12months
- Battery replacement : every 18months
- · - · - Battery replacement : every 24months

에 대한 대책이 필요함을 알 수 있다.

공회전 제한장치를 버스와 택시에 부착시 최대 버스 약3.5만대와 택시 약 25만대의 등록 차량에 부착이 가능하다. 부착대수에 따라 CO₂의 저감효율이 5%에서 10%까지 변화할 때 CO₂의 저감총량을 Fig. 10에 나타내었다. 저감율을 10%로 가정할 경우에 버스 3.5만대에 모두 부착시 약 47.8만톤의 저감량

에 해당되고 자동차 부문에서 배출되는 CO₂의 0.6%가 저감이 가능하다. 택시의 경우 25만대에 모두 부착시 약 45.4만톤을 저감하는 것이 가능하고, 이는 자동차 부문 배출량의 0.57% 저감에 해당된다.

3.2 비용·편익의 분석

다음에는 이상의 자료를 이용하여 공회전 정지

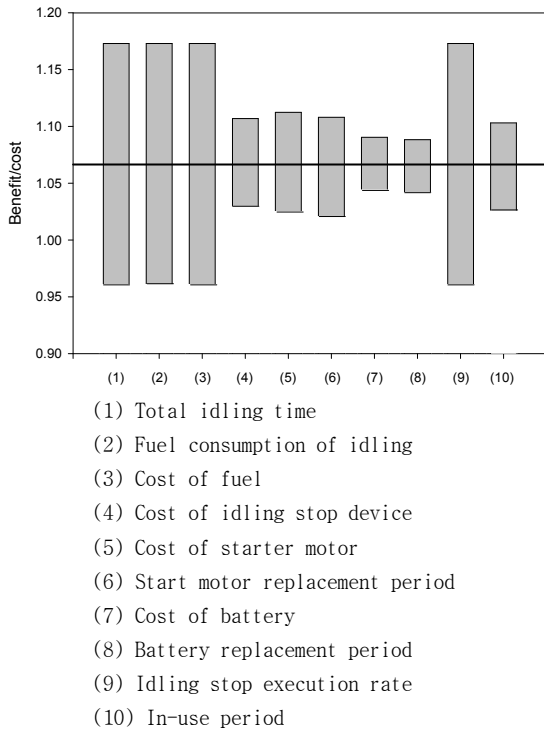


Fig. 12 Sensitivity analysis for benefit/cost

장치 적용에 따른 비용대비 편익을 분석하였다. 소요되는 비용으로는, 우선 공회전 정지 장치 가격, 그리고 내구 부품인 시동모터 및 배터리 교환 비용이 필요하게 된다. 공회전 정지를 하게 되면 시동회수가 수십배 이상 증가하게 된다. 시내버스의 경우에는 약 20~40배 이상 시동 횟수가 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 시동모터 교환 주기가 일반차량(공회전 장치 미적용 차량)에 비하여 짧아지게 된다. 또한 충전 및 방전을 더 자주 하게 되는 배터리도 교환주기가 줄어들게 된다. 따라서 이러한 부품의 교환에 소요되는 비용을 모두 고려하여 비용대비 편익(연료 저감에 따른 이익)을 산정하였다. 여기서 각 비용에 대한 구체적인 수치는 기술하지 않도록 하였다. Fig. 11에는 경유 시내버스에 대하여 시동모터 및 배터리의 교환주기에 따른 편익/비용 선을 공회전 실시율 및 차량 비용 회수 기간의 함수로 나타내었다. 편익/비용 값이 1 이상이 될 경우에 공회전 정지의 적용에 따른 이익이 발생하게 되는 조건이 되고, 공회전 정지 실시율이 높아짐에 따라 비용회수 기간이 짧아지게 됨을 알 수 있다. 75%대의 실시율을 유지할 경우에 비용회수 기간은 약 1년 정도가 됨을 알 수 있다. 이러한 편익/비용 분석에서 각 항목별 민감도를 계산한 예(경유 시내버스에 대하

여 각 항목을 ±10%씩 증감시킨 경우)를 Fig.12에 나타내었다. 공회전 시간, 공회전 연료 소모량, 연료 가격, 실시율 등이 중요하다는 것을 알 수 있고, 시동모터 및 배터리 관련 변수는 상대적으로 덜 민감하다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 운행차에 장착하는 공회전 정지 장치에 의한 자동차 부문에서 CO₂ 저감량을 산출하였고, 보급 차종에 따른 효과를 분석하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 공회전시 및 시동시 연료 소모량을 이용하여 공회전 정지에 따른 연료 저감량 산출 방법을 도출하였고, 이를 이용하여 차종별 공회전 정지에 따른 연료 저감량을 산출하였다. 또한 표준시험 모드(NIER-07)를 이용하여 다양한 차종에 대한 공회전 정지시 연료 저감량을 측정하였다.

(2) 실도로 주행 시내버스에서 운행패턴을 분석하여 공회전 실시율에 따른 연료 저감율을 추정하였다. 최대 실시율은 약 75% 정도가 되고, 이 경우에 연료 저감율은 평균 5.4% 정도가 되는 것으로 산출되었다.

(3) 자동차 부문에서 CO₂ 배출량을 산출하였고, 공회전 정지를 적용할 경우에 시내버스에서는 최대 약 48만톤, 택시에서는 최대 약 45만톤 정도의 CO₂를 저감할 수 있음을 알 수 있고, 이는 자동차 부문 CO₂ 배출량의 약 1.2%를 차지하는 것으로 추산되었다.

후 기

본 연구의 일부는 인하대학교 기계공학과 BK21사업단 지원으로 수행되었고 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

- (1) Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008.
- (2) Wagner, J., Mencher, B. and Keller, S., 2008, "Bosch System Solutions for Reduction of CO₂ and Emissions," SAE 2008-28-0005
- (3) Charles L., Gray, Jr., 2007, "Meeting the

- Environmental Challenges of 21st Century Vehicles," U.S. Environmental Protection Agency
- (4) Bishop, J., Nedungadi, A., Ostrowski, G., Surampudi, B., Armiroli, P. and Taspinar, E., 2007, "An Engine Start/Stop System for Improved Fuel Economy," SAE 2007-01-1777
- (5) The Energy Conservation Center, Japan., 2003, "Evaluation Report of Idle Stop Device for In-Use Vehicle"
- (6) Shim, M., Rim, J., Lee, B., Hong, S. and Lee, D., 2009, "A Methodology of Analyzing Fuel Economy Improvement with Idling Stop," *Transactions of KSAE, submitted*
- (7) Matsuura, M., Korematsu, K. and Tanaka, J., 2004, "Fuel Consumption Improvement of Vehicles by Idling Stop," SAE 2004-01-1896
- (8) Lee, J., 2001, "Estimation of Air Pollutant Emission by Motor Vehicles"(in Korean), *Korea Institute of Energy Research Environmental Societies Joint Conference*
- (9) Choi, S., Kim, H., Hong, Y. and Jang, Y., 2003, "Estimation of the Greenhouse Gas Emission from Transport by the Tier 2-3 Method," Proceeding of the 36th Meeting of KOSAE
- (10) Korea Transportation Safety Authority, 2007.
- (11) Jeong, J., Kim, T., Lee, S. and Lee, S., 2007, "Development of Guideline to Reduce Greenhouse Gas for Mobile Combustion," *The 2007*
- (12) America Petroleum Association, 2001, "Emission Coefficient of CO₂ for Each Fuel"