

## 교차로에서 운전자별 온실가스 발생 경향 Greenhouse Gas Emission Patterns at Intersections by Drivers

이윤석 Lee, Yoon-Seok  
유혜민 Yoo, Hye-Min  
오흥운 Oh, Heung-Un

한국도로공사 도로교통연구원 교통연구실 과제연구원 (E-mail: ounge@ex.co.kr)  
경기대학교 공과대학 도시·교통공학과 석사과정 (E-mail: hm00503@hanmail.net)  
정회원·경기대학교 공과대학 도시·교통공학과 교수·교신저자 (E-mail: ohheung@gmail.com)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** To analyze the specific factors of drivers behaviors that amount of cause the greenhouse gas emissions per vehicle.

**METHODS :** Drivers behaviors at intersections are analyzed on the conditions of acceleration and deceleration.

**RESULTS :** First, it is resulted greenhouse gas emissions per vehicle is produced more at intersections than at the main lines of highway. Second, it is resulted that the average speed, the average acceleration rate and the maximum speed are three major factors to produce greenhouse gas per vehicle in acceleration sections. Third, it is resulted that rapid deceleration 20m before entering intersections is the major factor to produce greenhouse gas per vehicle in deceleration sections.

**CONCLUSIONS :** At intersections, sudden acceleration and deceleration is not good for greenhouse gas emissions. Thus, and the average speed, the average acceleration rate and the maximum speed are the chosen as factors to be controlled for drivers' behavior to reduce vehicles' greenhouse gas at intersections.

### Keywords

*greenhouse gas, intersections, acceleration sections, deceleration sections*

Corresponding Author : Oh, Heung-Un, Professor  
Department of Urban & Transportation Engineering College of Engineering,  
Kyonggi University, Iui-dong San 94-6, Yongtong-gu, Suwon-si,  
Kyonggi-do 443-760, Korea  
Tel : +82.31.249.9742 Fax : +82.31.244.6300  
E-mail : ohheung@gmail.com

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ijhe.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)

### 1. 서론

도로에서 발생하는 온실가스 배출량은 개별 차량의 통행속도와 연관이 깊다(강진구 외, 2011). 특히, 차량의 평균통행속도가 저속범위(50km/h 이하)에서 차량당 온실가스가 다량으로 배출(Barth, 2009)되는 특성이 있다.

교차로 구간은 자동차의 평균통행속도가 낮고, 급가속, 급감속으로 인해 차량당 온실가스가 다량으로 배출

(이정범 외, 2011)되는 구간이다. 일반적으로 교차로 구간에서는 가·감속 방법이 명확히 제시되어 있지 않다.

교차로 구간에서 차량당 온실가스 배출량을 저감시키기 위해 자동차의 가·감속 방법을 명확히 제시할 필요가 있다.

본 연구에서는 교차로 구간에서 차량당 온실가스 배출량의 영향요인을 다루고 있다. 국내 교통연구기관의 교육생 자료를 활용하여 교차로 구간에서 차량당 온실

가스 배출량에 영향을 주는 구체적인 요인을 찾아냄으로써 교차로에서 차량 당 온실가스 배출량을 줄이는데 기여하고자 한다.

본 연구를 통해 교차로 구간에서 차량 당 온실가스를 저감할 수 있는 효과적인 운행방법을 제시할 수 있을 것이다.

## 2. 연구배경 및 목적

### 2.1. 연구의 배경 및 목적

교차로 구간에서 차량 당 온실가스 배출량의 영향요인을 찾기 위해 교차로 구간의 차량 당 온실가스 발생 정도를 파악하고자 한다. 또한, 가속구간과 감속구간에서 영향요인과의 상관성을 파악하고자 한다.

결과적으로, 본 연구는 교차로 구간에서 차량 당 온실가스 배출량의 영향요인을 찾아 교차로에서 차량 당 온실가스 배출량을 저감할 수 있는 운행방법을 제시하고자 한다.

### 2.2. 연구의 대상 및 방법론

국내 교통연구기관에서 2012년 8월에 관찰된 총 40명에 대한 교육 전·후의 운행데이터를 이용하여 분석하였다.

연구의 방법론은 첫째, 교차로 구간(가속구간, 감속구간)과 신호의 방해 없이 주행하는 구간을 구분하여 차량 당 온실가스 배출량을 분석하였다. 가속구간과 감속구간, 신호의 방해 없이 주행(통과)하는 구간을 40m씩 동일하게 구분하여 차량 당 온실가스 배출량 및 연료 소비량을 비교하였다. 둘째, 교차로 구간을 가속구간과 감속구간을 구분하여 교차로에서 자동차가 가·감속 시 온실가스 배출에 영향을 주는 요인을 분석하였다.

교차로 구간에서 차량 당 온실가스 배출량, 연료소비량, 평균통행속도, 평균가·감속도, 최고속도 등을 산출하였다. 상관분석, 회귀분석(단계선택: Step-wise), 주성분 분석을 실시하여 차량 당 온실가스 배출량에 영향을 주는 요인에 대해 분석하였다.

## 3. 연구동향

### 3.1. 국내 연구동향

도로교통안전협회(1995)는 교차로 교통혼잡이 자동차 온실가스 배출량에 미치는 영향을 분석하였다.

서울도로의 현재 혼잡상태에서 자동차의 속도 감소에 의해 배출량이 민감한 반응을 보이고, 서울에서 지체로 인한 CO와 HC의 배출량이 20% 이상 증가한 것으로 나타났다.

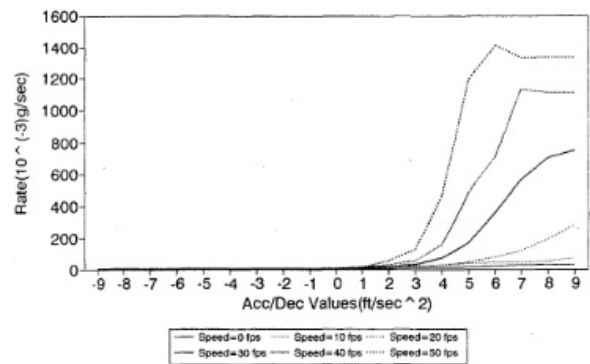


Fig. 1 CO Emissions Changes by Acceleration or Deceleration (Road Traffic Safety Association, 1995)

강진구 외(2011)는 차량의 자유통행속도와 관찰된 평균통행속도를 이용하여 지정체와 CO<sub>2</sub> 배출량의 관계를 연구하였다. 연구결과, 교차로 통과방법에 따라 관찰된 평균통행속도의 차량 당 CO<sub>2</sub> 배출량이 자유속도의 차량 당 CO<sub>2</sub> 배출량보다 최대 60%까지 더 배출하는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 교차로 통과방법, 통행속도 등을 개선하면 차량 당 CO<sub>2</sub> 배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 나타났다.

Table 1. CO<sub>2</sub> Reduction Potential with the Introduction of Roundabouts (Lee, Jung-Beom et al., 2011)

Type of Vehicles	Fuel	CO <sub>2</sub> reduction potential (Ton/Year)		
		Bok-su Intersection	Research Institute Intersection	
Passenger car	Light duty car	Gasoline	0.4	18.8
	Compact car	Gasoline	5.5	81.8
		Diesel	0.7	9.6
	Midsize car	Gasoline	9.6	128.9
		Diesel	1.6	17.7
		LPG	0.4	5.7
	Large car	Gasoline	3.0	35.5
		LPG	0.5	5.8

이정범 외(2011)는 Tier 3 방법을 이용한 회전교차로 도입에 따른 온실가스 감축효과를 분석하였다.

교차로에서의 잘못된 신호운영은 신호위반이나 교통지체를 유발하며, 이러한 혼잡에 의한 지체는 대기에 온

실가스를 증가시키는 원인임을 규명하였다.

회전교차로를 설치하였을 경우, 차량의 주행속도 증가와 급감속, 급가속이 줄어들어 연간 646.5 톤의 CO<sub>2</sub>를 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

### 3.2. 국외 연구동향

Barth(2009)는 차량의 평균통행속도와 차량 당 CO<sub>2</sub> 배출량 관계를 분석하였다. 차량의 평균통행속도가 50km/h~80km/h에서 일정한 차량 당 CO<sub>2</sub>를 배출하는 것으로 나타났다.

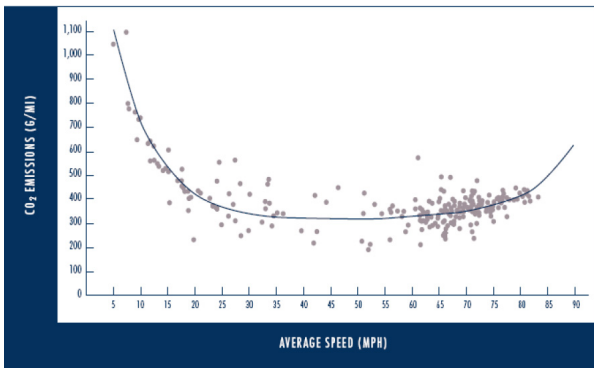


Fig. 2 CO<sub>2</sub> Emissions Per Vehicle by Average Travel Speed (Barth, 2009)

El-Shawarby 외(2005)는 차량의 주행속도와 가속 정도가 차량의 연료소비량 및 온실가스 배출량에 미치는 영향을 분석하였다. 연구결과, 급가속을 할 경우 CO 배출량이 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

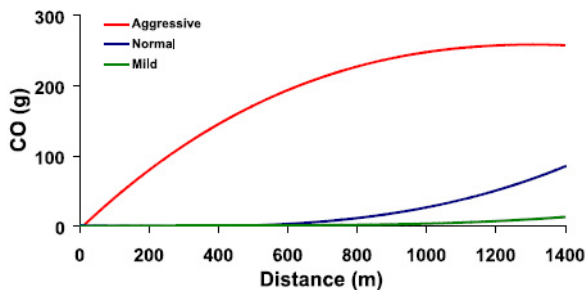


Fig. 3 Accumulated CO Emissions by Acceleration Levels (Inab. El-Shawarby et al., 2005)

국내·외 연구동향을 살펴본 결과, 자동차의 속도에 따라 CO와 HC, CO<sub>2</sub>의 질감이 가능한 것으로 나타났다. 또한, 가·감속도에 따라 CO<sub>2</sub>와 CO의 질감이 가능한 것으로 나타났다.

이에 따라, 본 연구는 차량의 속도, 가·감속도를 차량 당 온실가스 배출량의 영향요인으로 선정하여 교차로

구간의 차량 당 온실가스 배출량을 분석하였다.

## 4. 자료수집 및 분석방법론

### 4.1. 자료수집

국내 교통연구기관에서 2012년 8월에 관찰된 총 40명의 교육 전·후 운행 데이터를 이용하였다. 교육트랙 내의 교차로 8개(총 거리 440m)를 대상으로 기하구조를 조사하였다. 교차로에서 정지 후 다음 교차로에 정지할 때까지를 한 개의 교차로로 지정하여 가속구간과 감속구간, 신호 방해없이 통과하는 구간을 구분하였다. 총 40명의 운행 데이터를 수집하여 분석하였다.

### 4.2. 분석방법론

연구의 방법론은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 교차로 구간(가속구간, 감속구간)과 신호 방해없이 통과하는 구간의 차량 당 온실가스 배출량을 분석하였다. 가속구간과 감속구간, 신호의 방해없이 통과하는 구간을 40m씩 동일하게 구분하여 차량 당 온실가스 배출량 및 연료 소비량을 비교하였다. 둘째, 교차로에서 가감속 시 온실가스 배출에 영향을 주는 요인을 분석하였다. 차량 당 온실가스 배출량, 연료소비량, 평균통행속도, 평균가속도, 최고속도 등을 가속구간과 감속구간으로 나누어 산출하였다. 이를 통해 상관분석, 회귀분석(단계선택: Step-wise), 주성분 분석을 실시하여 차량 당 온실가스 배출량에 영향을 주는 요인에 대해 분석하였다.

Table 2. The Geometry of the Intersection Sections

	Number of lanes	Lane Width(m)	The slope angle (%)	Form	Features
Intersection 1	Either two lanes	4.7	0.6	4-way	Point of start
Intersection 2	Either one lanes	4.9	1.6	3-way	Pause
Intersection 3	Either two lanes	4.7	0.4	3-way	5secs maximum
Intersection 4	Either two lanes	4.7	0.4	3-way	5secs maximum
Intersection 5	Either two lanes	4.7	0.4	4-way	Pause
Intersection 6	Either two lanes	4.3	0.4	4-way	Pause
Intersection 7	Either two lanes	4.7	0.4	3-way	5secs maximum
Intersection 8	Either two lanes	4.7	0.4	3-way	5secs maximum

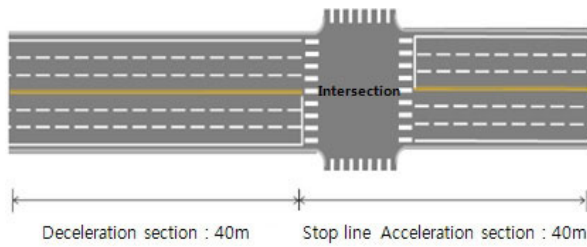


Fig. 4 Intersections with Acceleration and Deceleration Sections

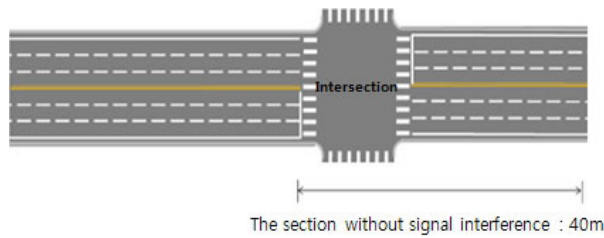


Fig. 5 The Sections without Signal Interference

## 5. 분석결과

### 5.1. 교차로 구간과 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간 비교

교차로에서 정지 후 다음 교차로에 도착하여 정지할 때까지를 한 개의 교차로로 지정하였다. 교통연구기관 교육트랙의 8개의 교차로를 대상으로 비교하였다.

교차로에서 가속구간(40m)와 감속구간(40m)를 선정하고 이와 유사한 조건(평균속도 약 16km/h)의 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간(40m)를 선정하여 비교하였다. 교차로 구간과 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간의 데이터는 아래의 Table 3과 같다. 신호의 방해

Table 3. Data Form the Sections without Signal Interference

	Greenhouse gas emissions per vehicle (g/Total travel distance)	Total travel distance (cc/Total travel distance)	Average traffic speed (km/h)	Maximum speed (km/h)
The sections without signal interference	5.25	2.24	16.00	16.00
Acceleration sections	21.57	9.21	14.92	26.00
Deceleration sections	6.18	2.64	17.87	35.00

없이 주행하는 구간이 가·감속구간에 비해 차량 당 온실가스 배출량이 더 낮은 것으로 나타났다.

#### 5.1.1. 가속구간과 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간 비교

교차로의 가속구간과 유사한 수준의 평균통행속도(약 16km/h)로 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간을 비교하였다. 교차로의 가속구간은 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간에 비해 차량 당 온실가스 배출량과 연료소비량이 311% 증가한 것으로 나타났다. 또한, 통행속도는 7% 감소한 것으로 나타났다.

#### 5.1.2. 감속구간과 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간 비교

교차로의 감속구간과 유사한 수준의 평균통행속도(약 16km/h)로 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간을 비교하였다. 교차로의 감속구간은 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간에 비해 차량 당 온실가스 배출량과 연료소비량이 18% 증가한 것으로 나타났다. 또한, 통행속도는 12% 증가한 것으로 나타났다.

결론적으로 교차로 구간(가속구간, 감속구간)은 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간에 비해 차량 당 온실가스 배출량과 연료소비량이 증가한 것을 알 수 있다. 이를 통해, 교차로에서 신호 연동화의 필요성과 교차로를 가급적 줄이고 연속류 도로를 확대해야 한다는 것을 알 수 있다.

## 5.2. 가속구간에서 온실가스 배출량에 영향을 주는 요인분석

### 5.2.1. 가속구간 상관분석 결과

가속구간에서 발생하는 차량 당 온실가스 배출량과 평균가속도, 최고속도, 평균통행속도와의 상관성을 분석하였다.

분석결과, 차량 당 온실가스 배출량과 평균가속도는 교육 전·후 모두 양의 상관관계를 나타냈다. 이는 평균가속도가 증가하면 차량 당 온실가스 배출량이 증가한다고 판단된다. 차량 당 온실가스 배출량과 최고속도는 교육 전·후 모두 양의 상관관계를 나타냈다. 이는 최고속도가 증가하면 차량 당 온실가스 배출량도 증가한다고 판단된다. 차량 당 온실가스 배출량과 평균통행속도 또한, 교육 전·후 모두 양의 상관관계를 나타냈다. 이는 평균통행속도가 증가하면 온실가스가 증가한다고 판단된다.

Table 4. Acceleration Sections and the Sections without Signal Interference (Average Results)

	Greenhouse gas emissions per vehicle (g/Total travel distance)	Total travel distance (cc/Total travel distance)	Average traffic speed (km/h)	The average acceleration rate (m/s <sup>2</sup> )	Maximum speed (km/h)
The sections without signal interference (A)	5.25	2.24	16.00	0.00	16.00
Acceleration sections(B)	21.57	9.21	14.92	2.33	26.00
Difference (B-A)	16.32	6.97	-1.08	2.33	10
Difference (B-A)/A	311%	311%	-7%	-	62.5%
T-test P Value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 5. Deceleration Sections and the Sections without Signal Interference (Average Results)

	Greenhouse gas emissions per vehicle (g/Total travel distance)	Total travel distance (cc/Total travel distance)	Average traffic speed (km/h)	The average acceleration rate (m/s <sup>2</sup> )	Maximum speed (km/h)
The sections without signal interference (A)	5.25	2.24	16.00	0.00	16.00
Acceleration sections(B)	6.18	2.64	17.87	-2.57	35.00
Difference (B-A)	0.93	0.4	1.87	-2.57	19
Difference (B-A)/A	18%	18%	12%	-	119%
T-test P Value	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00

Table 6. Correlations Between Greenhouse Gas Emissions and Average Acceleration

	Before eco driving training	After eco driving training
Correlation coefficient of The greenhouse gas-The average acceleration rate(R)	0.845	0.611
Correlation coefficient of The greenhouse gas-maximum speed(R)	0.810	0.658
Correlation coefficient of The greenhouse gas-Average traffic speed(R)	0.875	0.693

### 5.2.2. 가속구간 회귀분석(단계선택:Step-wise) 결과

가속구간에서 발생하는 차량 당 온실가스 배출량을 종속변수로 설정하고 평균가속도, 최고속도, 평균통행속도를 독립변수로 설정하여 회귀분석(단계선택 : Step-wise)을 실시하였다.

분석결과, 차량 당 온실가스 배출량과의 설명력은 평균가속도와 최고속도, 평균통행속도 모두 유사한 수준으로 높게 나타났다. 따라서 교차로의 가속구간에서 평균가속도와 최고속도, 평균통행속도 모두 도로에서 발생하는 차량 당 온실가스 배출량에 중요한 요인으로 작용한다고 판단할 수 있다.

Table 7. Regreesion Analysis(Step-wise) Results at Acceleration Sections

Dependent variable	Independent variable	Before eco driving training R <sup>2</sup>	After eco driving training R <sup>2</sup>
Greenhouse gas emissions per vehicle (g/Total travel distance)	The average acceleration rate (m/s <sup>2</sup> )	0.776	0.714
	maximum speed (Km/h)	0.755	0.709
	Average traffic speed(Km/h)	0.761	0.700

### 5.3. 감속구간에서 온실가스 배출량에 영향을 주는 요인분석

#### 5.3.1. 감속구간 상관분석 결과

감속구간에서 발생하는 차량 당 온실가스 배출량과 평균감속도, 최고속도, 평균통행속도와의 상관성을 분석하였다.

분석결과, 차량 당 온실가스 배출량과 평균감속도는 교육 전·후 모두 음의 상관관계를 나타냈다. 이는 운전자가 급감속 할수록 차량 당 온실가스 배출량이 증가한다고 판단된다. 차량 당 온실가스 배출량과 최고속도는 교육 전·후 모두 양의 상관관계를 나타냈다. 이는 최고속도가 증가하면 차량 당 온실가스 배출량도 증가한다고 판단된다. 차량 당 온실가스 배출량과 평균통행속도 역시 교육 전·후 모두 양의 상관관계를 나타냈다. 이는 평균통행속도가 증가하면 온실가스가 증가한다고 판단된다.

Table 8. Correlations Between Greenhouse Gas Emissions and Average Deceleration

	Before eco driving training	After eco driving training
Correlation coefficient of The greenhouse gas-The average deceleration rate(R)	-0.32	-0.25
Correlation coefficient of The greenhouse gas-maximum speed (R)	0.29	0.24
Correlation coefficient of The greenhouse gas-Average traffic speed(R)	0.34	0.33

#### 5.3.2. 감속구간 주성분 분석결과

운전자별로 교차로의 감속구간에서 차량 당 온실가스 배출량과 연료소비량을 추출하여 주성분분석을 실시하였다.

분석결과, 운전특성에 따라 주성분이 두 개의 그룹으로 그룹화(1그룹:완감속, 2그룹:급감속)되는 것을 알 수 있다. 교차로 진입 40~20m까지는 1그룹과 2그룹의 운전특성 차이가 거의 없는 반면 20m~정지선까지(후기)는 차이를 보이는 것으로 나타났다. 그룹화된 운전자들의 배출특성을 확인한 결과, 교차로 진입 후반부 20m에서 정지선까지의 운전특성이 차량 당 온실가스 배출량에 영향을 주는 것을 알 수 있다. Fig. 6과 Fig. 7을 비교한 결과, 1그룹은 후기 완감속의 운전특성을 보이고, 2그룹은 후기 급감속의 운전특성을 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 온실가스 저감을 위해서는 1그룹과 같

이 교차로 진입 후반부 20m에서 정지선까지 완감속을 권장해야한다고 판단된다.

Table 9. Average Data of Group (Before Eco Driving Training)

	Greenhouse gas emissions per vehicle (g/Total travel distance)	Total travel distance (cc/Total travel distance)	Average traffic speed (km/h)
Average of 1Group(A)	6.09	2.44	17.03
Average of 2Group (B)	7.47	2.99	19.73
Difference (B-A)	1.38	0.55	2.7
Difference (B-A)/A	23%	23%	16%

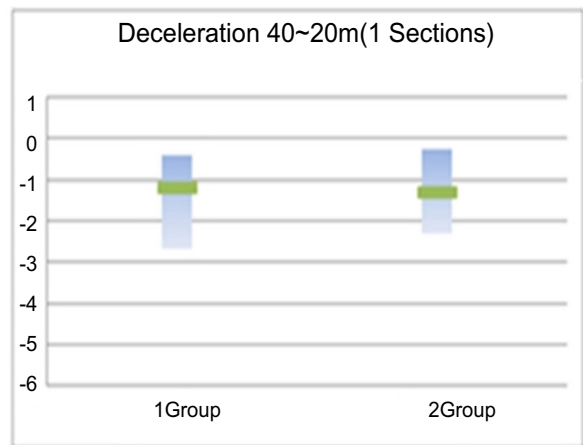


Fig. 6 Deceleration Range of the Principal Component Group I (Before Eco Driving Training)

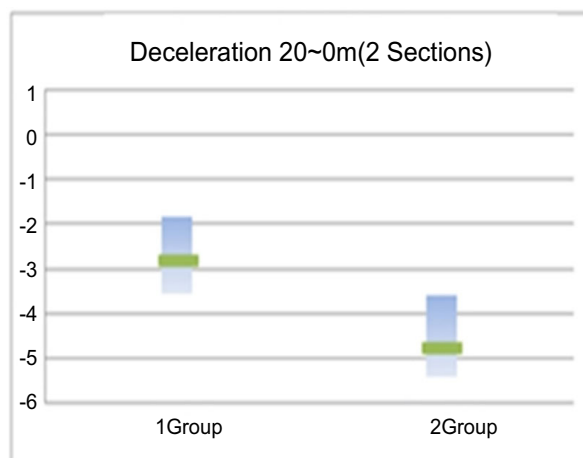


Fig. 7 Deceleration Range of the Principal Component Group II (Before Eco Driving Training)

## 6. 결론

교차로 구간은 자동차의 평균통행속도가 낮고, 급가속, 급감속으로 인해 차량 당 온실가스가 다량으로 배출되는 구간이다. 일반적으로 교차로 구간에서는 가·감속 방법이 명확히 제시되어 있지 않다.

교차로 구간에서 차량 당 온실가스 배출량을 저감시키기 위해 자동차의 가·감속 방법을 명확히 제시할 필요가 있다.

국내·외 연구동향을 살펴본 결과, 자동차의 속도와 가·감속에 따라 CO와 HC, CO<sub>2</sub>의 절감이 가능한 것으로 나타났다. 이에 따라, 차량의 속도, 가·감속도를 차량 당 온실가스 배출량의 영향요인으로 선정하여 교차로 구간의 차량 당 온실가스 배출량을 분석하였다.

연구의 방법론으로 첫째, 교차로 구간과 신호 방해없이 주행하는 구간의 차량 당 온실가스 배출량 및 연료소비량을 비교하였다. 둘째, 상관분석, 회귀분석, 주성분 분석을 실시하여 교차로 구간에서 차량 당 온실가스 배출량에 영향을 주는 요인에 대해 분석하였다.

교차로 구간에서 발생하는 온실가스 배출량의 요인을 분석한 본 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 교차로 구간과 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간을 비교해본 결과 교차로의 가속구간은 신호의 방해없이 주행(통과)하는 구간에 비해 차량 당 온실가스 배출량과 연료소비량의 경우 76% 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 통행속도의 경우에는 7% 감소하는 것으로 나타났다.

둘째, 교차로의 가속구간에서 온실가스 배출에 영향을 주는 요인을 분석한 결과 온실가스 배출은 평균가속도와 최고속도, 평균통행속도와 양의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 이는 급가속을 할수록 과속을 할수록 통행속도가 높을수록 차량 당 온실가스 배출량이 증가한다는 것을 의미한다. 따라서, 급가속과 가속을 줄이는 것이 교차로 구간에서 차량 당 온실가스 배출량을 저감할 수 있다는 결론을 도출할 수 있다.

셋째, 교차로의 감속구간에서 온실가스 배출에 영향을 주는 요인을 분석한 결과 온실가스 배출은 평균 감속도와 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 급감속을 하면 온실가스가 증가한다는 것을 의미한다. 또한, 주성분 분석 결과 감속구간에서는 교차로 진입 후반 20~0m구간에서 급감속 여부가 온실가스 배출량에 영향을 미치며 해당 구간에서 완감속을 할 경우 온실가스 배출량이 적은 것으로 나타났다.

결론적으로, 교차로 구간의 가속구간에서는 급격한 가속을 삼가하고 평균통행속도와 최고속도를 일정수준 유지하여 운행해야 한다. 감속구간에서는 교차로 진입 후반 20~0m구간에서 급감속을 하지 않는 것이 온실가스 저감에 효과적인 운행방법으로 나타났다.

본 연구는 교차로 구간에서 차량 당 온실가스 배출량에 영향을 주는 구체적인 요인을 찾아냄으로써 교차로에서 차량 당 온실가스 배출량을 줄이고자 하였다. 하지만 교차로 온실가스 배출량의 원인을 평균감가속도, 통행속도 등 속도에 한정되어 그 외 변수들은 고려하지 않은 한계점이 있다. 교통연구기관의 정해진 트랙을 실험자가 주행하였기 때문에 실제 교차로 구간의 온실가스 배출량과 관계있는 다른 변수를 고려할 수 없었다. 향후 연구에서는 실제 교차로를 대상으로 속도, 교통량 등 온실가스 배출량에 영향을 주는 여러 가지 요인을 고려한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국과학재단의 연구지원프로그램으로 지원받았습니다. (연구과제 관리코드: AE0207)

## References

- Barth, M., Kanok, B., 2009. Traffic Congestion and Greenhouse Gases, *Transportation Research at the University of California*, Access 35, 2-9.
- Ericsson, E., Sturm, P., Minarik, S., 2001. Driving pattern, Exhaust Emission and Fuel Consumption Over a Street Network, *Proceedings of 11th International Symposium*.
- Haworth, N., Symmons, M., 2001. *The Relationship Between Fuel Economy and Safety Outcomes*, Monash Univ.
- Ihab, El-Shawarby, Ahn, Kyoungsoo, Hesham, Rakha, 2005, Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 10, Issue 1, January 2005, Pages 13-30
- Lee, Jung-Beom, Lee Seung-Hoon. 2011. Analysis of the Effect of Carbon Dioxide Reduction by Changing from Signalized Intersection to Roundabout using Tier 3 Method. *The Journal of Korean Institute of Intelligent Transport System*, Vol.10, No.5. 105-112.(이정범, 이승훈(2011) Tier 3 방법을 이용한 회전 교차로 도입에 따른 CO<sub>2</sub> 감축 효과, 한국ITS학회논문지, 제 10권 제 5호, pp.105-112)
- National of Environmental Research, 2001. *An Investigation of Green House Gas Emission From Automobiles*.(국립환경과학원(2001), 자동차의 온실가스 배출량 조사)
- Road Traffic Safety Association, 1995, *Vehicles' Greenhouse Gas Effect*

*on Intersection Traffic Congestion.*(도로교통안전협회(1995), 교차로 교통혼잡이 자동차 온실가스에 미치는 영향)

Kang, Jin-gu, Oh, Heung-un, 2011, Comparison between Congestion Levels and Amount of CO2 Emissions on Arterials,

*Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.29, No.6, 17-23.(강진구, 오흥운, 2011, 단속류 간선도로에서 지정체와 CO2 배출량 비교, 대한교통학회지 제29권 제6호 17-23)

(접수일 : 2013. 2. 27 / 심사일 : 2013. 2. 28 / 심사완료일 : 2013. 7. 23)