

고속도로와 국도에서 차량 당 탄소가스 배출량 비교

-경부 고속도로와 1번국도의 비교를 중심으로-

Comparison of Vehicle Carbon Emissions in Expressway and National Highway

이윤석 Lee, Yoon Seok
오흥운 Oh, Heung Un

경기대학교 도시교통공학과 석사과정 (E-mail : oungge@naver.com)
정회원 · 경기대학교 도시교통공학과 교수 (E-mail : ohheung@gmail.com)

ABSTRACT

There are several differences between freeways and general national roads in terms of structures, conditions and limited speeds. Likewise, the characteristics of CO₂ emission in these roads differ depending on the road types. For these reasons, it is necessary to compare the two types of roads in terms of CO₂ emissions. The study was performed targeting Gyeongbu Expressway and National Highway 1. Firstly, the amount of CO₂ emission each car was compared in the whole sections of the both. Secondly, top 10 sections were picked out, and then CO₂ emission each section were compared. Lastly, two sections which were with the highest and lowest amount of CO₂ emission per car, were compared. As results, it were found that there were less amount of CO₂ emission on freeways. because cars are running on uniform velocity at relatively high speed, and that there were more amount of CO₂ emission on the national highway. because of frequent intersections and associated congestion. It may be concluded that the amount of CO₂ emission at the national highway could be reduced if signal coordination and intersection intervals are improved there.

KEYWORDS

freeway, national highway, carbon, carbon emission

요지

고속도로와 일반국도는 도로의 구조, 조건이나 속도 등이 다르게 나타난다. 이러한 특성에 따라서 CO₂ 배출량 역시 다르게 나타난다. 하지만 고속도로와 일반국도에서 배출되는 CO₂의 비교 연구는 미비한 실정이다. 이러한 이유로 고속도로와 일반국도에서의 CO₂ 배출량을 비교하여 분석이 필요하다. 본 연구를 위하여 경부고속도로와 1번국도를 대상으로 분석을 수행하였다. 첫째, 전체 구간의 차량 당 CO₂ 배출량을 비교하였다. 둘째, 세부 구간 중 상위 랭크된 10개의 구간을 상세 분석하였다. 셋째, 차량 당 CO₂ 배출량이 가장 많은 구간과 가장 적은 구간을 선정하여 세부적으로 비교 분석하였다. 분석 결과 고속도로의 경우 교차로나 신호 등의 제약조건이 없어 거의 등속도로 운행을 하기 때문에 CO₂ 배출량이 적고, 일반국도의 경우 교차로 및 신호로 인하여 가감속 운행을 하기 때문에 CO₂ 배출량이 큰 것으로 분석되었다. 국가적으로 교차로 수 조정 및 신호 연동화를 개선한다면 일반국도에서 CO₂ 배출량을 저감할 수 있다는 추론이 가능하다.

핵심용어

고속도로, 일반국도, 탄소, 탄소배출

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

CO₂ 증가로 인한 지구온난화가 세계적인 문제로 대두되어왔다. 차량에서 배출되는 CO₂로 인한 환경문제 역시 지구온난화의 큰 비중을 차지하고 있다.

국내의 경우 도로업무편람(2010)을 보면 '에너지부문 연간 CO₂ 배출량'은 수송부문이 19.2%, 그 중에서도 도로부문이 78.6%를 차지하고 있어 매우 비중이 높다. 하지만 차량의 CO₂ 배출량과 관련한 연구가 미비한 실정이다.

국외의 경우 Matthew 외(2001), Alessandra(2002), Hesham 외(2008) 등은 유사 연구로서 속도별로 차량 당 CO₂ 배출량 곡선을 제시하였다. 배출량에는 차이가 있지만 그래프의 형태는 U자형으로 동일하였다. 이는 속도에 따라 차량 당 CO₂ 배출량이 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 이처럼 차량 당 CO₂ 배출량은 주행속도가 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 또한, 주행속도의 평균 통행속도나 주행패턴은 도로별로 다르게 나타난다.

본 연구에서는 도로별로 차량 한 대 당 CO₂ 배출량을 알아보기 위한 연구로서 도로 특성을 고속도로와 일반국도로 나누어 차량 당 CO₂ 배출량 추이를 분석하였다.

고속도로와 일반국도의 평균통행속도 자료를 토대로 차량 당 CO₂ 배출량을 산출하여 각 도로별 특징을 파악하고 IC 수, 교차로 수 등의 조건들을 가정하여 도로 특성별 CO₂ 배출량에 영향을 주는 요인에 대하여 분석하였다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

1.2.1. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 고속도로의 경우 경부고속도로(서초IC~망향휴게소) 하행선으로 선정하였다. 대상구간 총 연장은 75.09km이며 15개 구간으로 나누어 분석하였다. 그리고 일반국도의 경우 국도 1호선(병점IC~여우고개사거리) 상행선으로 선정하였다. 대상구간의 총 연장은 74.81km이며 19개 구간으로 나누어 분석하였다. 비교를 용이하게 하기 위하여 두 대상간의 전체 구간의 총 연장을 비슷하게 선정하였다.

연구내용으로는 첫째, 고속도로와 일반국도로 구분하고 전체 구간에서 일정 구간을 나누어 평균통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량을 비교하여 분석하였다.

둘째, CO₂ 배출량이 상위 랭크된 10개의 구간을 상세 분석하여 도로별로 특징을 알아보았다.

셋째, 보다 상세한 분석을 위해 차량 당 CO₂ 배출량이 가장 많은 구간과 가장 적은 구간을 선정하여 차량 당 CO₂ 배출량과 영향을 주는 요소에 대하여 비교 분석하였다.

1.2.2. 연구의 방법

본 논문의 방법론으로는 첫째, 경부고속도로와 1번국도의 대상구간을 차량 1대가 평균 통행 속도로 운행할 시 배출되는 차량 당 CO₂ 배출량을 조사하여 비교 분석하였다. 차량 당 CO₂ 배출량 산정의 경우 국립환경과학

원(2011)의 배출계수 산출식을 이용하였다.

본 논문에서는 비교를 용이하게 하기 위해 CO₂ 배출계수 차종은 휘발유-중형-승용차로 통일하였다. 이는 대부분의 관련 연구들이 승용차 위주로 분석하였기 때문이다.

둘째, 고속도로의 경우 가·감속이 이루어지지 않고 전체 구간에서 평균통행속도를 유지한다고 가정하였으며, 일반국도의 경우 교차로로 인하여 신호대기 및 가·감속이 이루어지기 때문에 차량의 가·감속을 고려하여 비교하였다. 속도자료는 경기도 교통정보센터 자료(2010년 10월 셋째 주 수요일 오전 08~09시)를 이용하였다.

2. 선행연구 및 문헌고찰

2.1. 국내 선행연구

국립환경과학원(2001)의 '자동차 온실가스 저감대책 연구'에서는 다음과 같이 CO₂ 배출계수 산출식을 제안하였다.

표 1. 국립환경과학원(2001)의 CO₂ 배출계수 산출식

차종	오염물질	CO ₂	
		배출계수(g/km)	R ²
승용차	휘발유	$1,777.7 \times V^{(-0.5151)}$	0.97
	택시	$1,397.4 \times V^{(-0.5475)}$	0.98
버스	소형(경유)	$1,103.7 \times V^{(-0.413)}$	0.89
	중형	$0.1251 \times V^{(2)} - 15.3857 \times V + 646.05$	0.84
	대형	시내버스 50km/h, $2804.77 \times V^{(-0.3105)}$ 시내버스 외 차종은 대형트럭 배출계수 사용	0.88
트럭	소형(경유)	$1,073.8 \times V^{(-0.4009)}$	0.86
	중형	$0.1029 \times V^{(2)} - 14.9377 \times V + 798.9$	0.89
	대형	$6,240.3 \times V^{(-0.3829)}$	0.97

그리고 현재까지 탄소가스와 관련한 연구가 진행되었다. 그로부터 10년이 지난 후인 2011년에 CO₂ 배출계수 산출식이 최신화 되었다.

표 2. 국립환경과학원(2011)의 CO₂ 배출계수 산출식

차종	연료	차속구분	배출계수 산출식
승용	경형	휘발유	65.4km/h 미만 $y = 887.12x^{-0.5703}$
		65.4km/h 이상 $y = 0.9303x + 30.821$	
	소형	휘발유	65.4km/h 미만 $y = 1313.7x^{-0.6}$
			65.4km/h 이상 $y = 0.5447x + 78.746$
		경유	65.4km/h 미만 $y = 1133.1x^{-0.587}$
			65.4km/h 이상 $y = 0.6175x + 62.478$

승용	중형	휘발유	65.4km/h 미만	$y = 1555.5x^{-0.578}$	
			65.4km/h 이상	$y = 0.0797x + 144.19$	
		경유	65.4km/h 미만	$y = 1818.1x^{-0.6643}$	
	65.4km/h 이상		$y = 0.3184x + 95.66$		
	LPG	65.4km/h 미만	$y = 1539.4x^{-0.5748}$		
		65.4km/h 이상	$y = 0.5056x + 117.39$		
대형	휘발유	65.4km/h 미만	$y = 1970.1x^{-0.6197}$		
		65.4km/h 이상	$y = 0.1791x + 145.07$		
	LPG	65.4km/h 미만	$y = 1849.8x^{-0.6164}$		
		65.4km/h 이상	$y = -0.1348x + 159.9$		
택시	중대형	LPG	65.4km/h 미만	$y = 1805.7792x^{-0.6322}$	
			65.4km/h 이상	$y = 0.3239x + 114.0621$	
RV	소형	경유	65.4km/h 미만	$y = 1313.2x^{-0.5645}$	
			65.4km/h 이상	$y = 0.9883x + 68.771$	
		LPG	65.4km/h 미만	$y = 1525.2x^{-0.5875}$	
	65.4km/h 이상		$y = 0.5876x + 98.74$		
	중형	경유	65.4km/h 미만	$y = 1811.7x^{-0.6092}$	
			65.4km/h 이상	$y = 0.9521x + 88.489$	
LPG	65.4km/h 미만	$y = 2121.7x^{-0.6254}$			
	65.4km/h 이상	$y = 1.0509x + 95.347$			
승합	경형	LPG	65.4km/h 미만	$y = 791.33x^{-0.5732}$	
			65.4km/h 이상	$y = 1.0255x + 33.036$	
	소형	휘발유	-	-	
			LPG	65.4km/h 미만	$y = 1862.6x^{-0.6044}$
		경유	65.4km/h 미만	$y = 1923.2x^{-0.5941}$	
			65.4km/h 이상	$y = 1.0658x + 93.436$	
	중형	경유	65.4km/h 미만	$y = 1828.9x^{-0.4409}$	
			65.4km/h 이상	$y = 0.2162x + 309.46$	
	대형	시내 버스	CNG	경유	$y = 4638.6x^{-0.5179}$, 단 $x \leq 47\text{km/h}$ 일때
				경유	$y = 5019.8x^{-0.5582}$, 단 $x > 47\text{km/h}$ 일때
		고속 버스	경유	65.4km/h 미만	$y = 2676.7x^{-0.3344}$
				65.4km/h 이상	$y = 1.3034x + 548.56$
화물	소형	경유	65.4km/h 미만	$y = 1135.2x^{-0.4668}$	
			65.4km/h 이상	$y = 2.2307x + 25.76$	
	중형	경유	$y = 0.1029x^2 - 14.937x + 798.9$		
대형			경유	$y = 6240.3x^{-0.3829}$	

차량의 종류별, 연료별, 차속별로 세분화하여 CO₂ 배출계수 산출식을 제안하고 있다.

특히, 차량속도 별로 배출계수 산출식을 달리 제안하였다는 점이 현실성을 크게 반영하였다고 판단하여 본 논문에서 CO₂ 산출 시 사용하였다.

2.2. 국외 선행연구

상대적으로 국내 선행연구보다 국외에서는 차량의 CO₂ 배출과 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다.

첫째, Matthew 외(2001)의 논문에 의하면 미국의 온

실가스 배출량이 기후변화에 큰 요인으로 작용하고 있다고 한다. 미국의 이산화탄소 배출량 중 3번째로 많은 배출량을 띄고 있는 도로부문에 관련하여 차량 당 CO₂ 배출량 연구를 실시하였다. 다음 그림 1은 통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량 그래프이다.

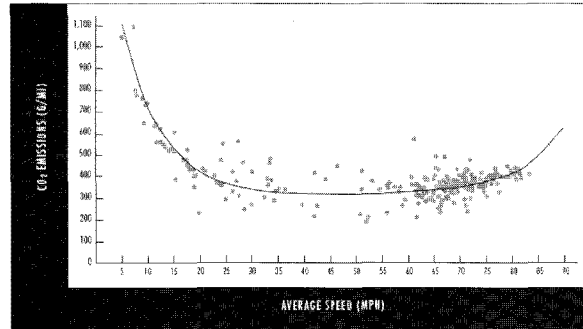


그림 1. Matthew(2001)의 통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량

위의 그래프를 보면 21mph에서 52mph까지(약 50km/h에서 80km/h)는 일정하게 차량 당 CO₂를 배출하는 것을 알 수 있다. 또한, 저속일 때(10km/h 미만) 차량 당 CO₂ 배출량이 가장 많은 것을 알 수 있다.

둘째, Alessandra(2002)의 논문은 온실가스 배출량을 산정하여 도로 교통의 부정적 영향을 완화하고 교통정책의 평가 척도로서 사용되기 위하여 CO₂ 배출량 연구를 실시하였다. 그림 2는 통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량 그래프이다.

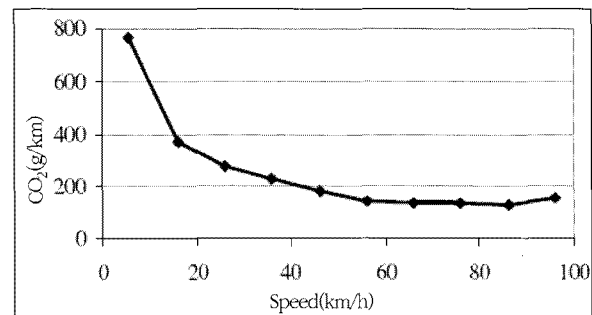


그림 2. Alessandra(2002)의 통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량

위의 그래프를 보면 20km/h 이전으로 많은 차량 당 CO₂가 배출되고 20km/h 이후로는 완만한 하향곡선을 그리다 80km/h 이후로 다시 차량 당 CO₂ 배출량이 상향곡선을 그리는 U자형 그래프를 띄고 있다.

3. 자료수집 및 분석방법론

3.1. 연구대상구간

본 연구의 대상구간은 고속도로의 경우 경부고속도로

(서초IC~망향휴게소) 하행선으로 선정하였다. 대상구간 총 연장은 75.0km이며 15개 구간으로 나누어 분석하였다. 그리고 일반국도의 경우 국도 1호선(병점IC~여우고개사거리) 상행선으로 선정하였다. 대상구간의 총 연장은 74.8km이며 19개 구간으로 나누어 분석하였다.

3.2. 자료수집

자료수집은 구간별로 관찰된 평균통행속도 데이터를 이용하였다. 평균통행속도는 2010년 10월 셋째 주 수요일 오전 8시~9시의 속도를 사용하였다. 이유는 가장 평일에 가까운 자료를 위해 수요일을 선정하였다. 자료는 경기도교통정보센터 자료를 이용하였다.

다음 표 3과 표 4의 경부고속도로와 1번국도의 평균통행속도와 함께 구간별 거리를 나타낸 표이다.

표 3. 경부고속도로 구간 별 평균통행속도 및 거리

구 간	속도(km/h)	거리(Km)
서초IC~양재IC	73	2.6
양재IC~만남의광장	83	0.3
만남의광장~달래네고개	82	5.6
달래네고개~판교JC	81	2.0
판교JC~판교IC	88	1.0
판교IC~서울T/G	89	3.6
서울T/G~신갈JC	89	8.3
신갈JC~수원IC	76	2.5
수원IC~기흥휴게소	80	3.5
기흥휴게소~기흥IC	81	1.5
기흥IC~오산IC	84	9.1
오산IC~안성JC	95	13.2
안성JC~안성휴게소	97	2.5
안성휴게소~안성IC	98	2.2
안성IC~망향휴게소	98	16.5
총 구간 평균 통행 속도 및 총 구간거리	82	75.0

표 4. 1번국도 구간 별 평균통행속도 및 거리

구 간	속도(km/h)	거리(Km)
병점사거리-터미널사거리	44	5.0
터미널사거리-동수원사거리	31	4.4
동수원사거리-창릉문사거리	36	1.3
창릉문사거리-장안구청사거리	35	1.9
장안구청사거리-북수원IC	39	4.0
북수원IC-고천사거리	50	3.0
고천사거리-홀타운APT삼거리	47	1.6
홀타운APT삼거리-호계사거리	66	1.6
호계사거리-신기사거리	81	8.3

신기사거리-박달우회도로	59	6.0
박달우회도로-안양육교삼거리	41	2.5
안양육교삼거리-서울시계	103	3.4
대자삼거리-관산삼거리	25	3.5
관산삼거리-장곡검문소	52	4.4
장곡검문소-봉일천초등학교	34	3.6
봉일천초등학교-등원교차로	33	3.5
등원교차로-월릉교차로	35	7.3
월릉교차로-문산사거리	39	7.3
문산사거리-여우고개사거리	35	1.5
총 구간 평균 통행 속도 및 총 구간거리	47	74.8

3.3. 분석방법론

분석방법은 차량 당 CO₂ 배출량 산정의 경우 대상 구간 각각의 평균통행속도 자료를 이용하여 국립환경과학원(2011)의 CO₂ 배출계수 산출식에 속도를 대입하여 산정하였다.

세부적인 분석방법은 총 3가지 방법으로 분석 하였다.

첫째, 평균속도에 따른 고속도로와 1번국도 전체구간의 차량 당 CO₂ 배출량을 산출하여 수치를 비교 하였다. 둘째, 차량 당 CO₂ 배출량이 상위 랭크된 총 10개의 세부 구간을 도표화하여 특징을 알아보았다. 셋째, 자료를 세분화하여 가장 큰 특징을 보이는 두 개의 구간을 선정하여 상세분석 하였다.

4. 분석결과

4.1. 고속도로와 일반국도 전체구간의 차량 당 CO₂ 배출량 비교

고속도로와 일반국도 전체구간의 차량 당 CO₂ 배출량을 비교하기 위하여 배출량에 따른 그래프를 활용하여 비교하였다.

그림 3은 차량 한 대가 평균 통행 속도로 운행할 시 경부고속도로와 1번국도 전체 구간의 차량 당 CO₂ 배출량을 비교한 것이다.

평균적으로 1번국도가 고속도로보다 높은 차량 당 CO₂ 배출량을 보이고 있다. 이는 통행속도와 반비례하는 연관성이 있다고 볼 수 있다.

평균통행속도를 살펴보면 1번국도의 경우 47km/h로 나타났으며 경부고속도로의 경우 82km/h로 나타났다. 이는 저속일 때가 고속일 때보다 더 많은 차량 당 CO₂를 배출하는 것을 알 수 있다.

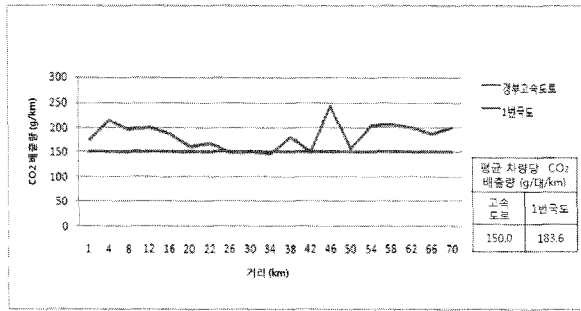


그림 3. 평균속도에 따른 전체구간의 차량 당 CO₂ 배출량 비교

고속도로와 1번국도의 차량 당 CO₂ 배출 총량은 고속도로는 75.0km를 주행할 때 2,868(g/대)가 배출되며, 1번국도는 74.8km를 주행할 때 3,474(g/대)로 나타났다. 이는 비슷한 거리의 총 구간에서 1번국도가 약 1.8배 많은 차량 당 CO₂를 배출하는 것을 알 수 있다.

다음 표 5와 표 6은 상세한 분석을 위해 고속도로와 1번국도의 전체 구간을 약 5km 기준으로 세분화하여 배출량을 비교하였다. 차량 당 CO₂ 배출량에 영향을 주는 요소로서 고속도로는 km당 IC 간격, 1번국도는 km당 교차로 수를 고려하여 함께 검토하였다.

표 5. 고속도로 전체 구간의 차량 당 CO₂ 배출량

고속도로 구간	구분	고속도로 차량 당 CO ₂ 배출량 (g/km/대)	구간 내 IC 수
서초IC~만남의 광장	평균	150.0	2
	최고	150.0	
	최저	150.0	
만남의 광장~달래네 고개	평균	150.0	1
	최고	150.0	
	최저	150.0	
달래네 고개~서울T/G	평균	150.5	2
	최고	151.0	
	최저	150.0	
서울T/G~신갈JC	평균	151.0	2
	최고	151.0	
	최저	151.0	
신갈JC~기흥IC	평균	150.0	2
	최고	150.0	
	최저	150.0	
기흥IC~오산IC	평균	150.0	3
	최고	150.0	
	최저	150.0	
오산IC~안성JC(1)	평균	151.0	1
	최고	151.0	
	최저	151.0	
오산IC~안성JC(2)	평균	151.0	1
	최고	151.0	
	최저	151.0	

안성JC~안성IC	평균	152.0	1
	최고	152.0	
	최저	152.0	
안성IC~망향휴게소(1)	평균	152.0	0
	최고	152.0	
	최저	152.0	
안성IC~망향휴게소(2)	평균	152.0	0
	최고	152.0	
	최저	152.0	
전체 구간 평균		150.9	

표 6. 1번국도 전체 구간 차량 당 CO₂ 배출량

1번국도 구간	구분	1번국도 차량 당 CO ₂ 배출량 (g/km/대)	구간 내 교차로 수	km당 교차로 수
병점사거리~터미널사거리	평균	174.0	15	2.9
	최고	174.0		
	최저	174.0		
터미널사거리~창룡문사거리	평균	205.0	21	4.2
	최고	214.0		
	최저	196.0		
창룡문사거리~복수원IC	평균	193.0	15	2.9
	최고	199.0		
	최저	187.0		
복수원IC~호계사거리	평균	160.0	13	2.6
	최고	168.0		
	최저	149.0		
호계사거리~신기사거리	평균	151.0	13	2.6
	최고	151.0		
	최저	151.0		
신기사거리~박달우회도로	평균	147.0	10	2.0
	최고	147.0		
	최저	147.0		
박달우회도로~서울시계	평균	166.5	14	2.8
	최고	181.0		
	최저	152.0		
대자삼거리~장곡검문소	평균	200.0	18	3.6
	최고	242.0		
	최저	158.0		
장곡검문소~등원교차로	평균	204.5	19	3.8
	최고	206.0		
	최저	203.0		
등원교차로~월릉교차로	평균	199.0	16	3.2
	최고	199.0		
	최저	199.0		
월릉교차로~여우고개사거리	평균	193.0	15	3.0
	최고	199.0		
	최저	187.0		
전체 구간 평균	-	182.8	-	-

위의 표를 살펴보면 고속도로의 경우 인터체인지의 간격이 차량 당 CO₂ 배출량에 영향을 미친다고 볼 수

없다. 하지만 일반국도의 경우 km당 교차로 수가 많아지면 신호대기 및 교차로에서 대기를 위한 가·감속 운행이 이루어 진다. 따라서 차량이 가·감속 시에 차량 당 CO₂ 배출량이 증가하는 것을 유추할 수 있다. 전체 구간의 차량 당 CO₂ 배출량의 평균치를 살펴 보면 고속도로는 150.9(g/km/대), 1번국도는 182.8(g/km/대)로 1번국도에서 1.8배 가량 더 많은 차량 당 CO₂가 발생하는 것을 알 수 있다.

4.2. 차량 당 CO₂ 배출량이 상위 링크된 10개 구간 비교 분석

다음의 표 7은 앞에서 나온 표 5와 표 6을 기준으로 하여 차량 당 CO₂ 배출량이 상위 링크된 총 10개 구간을 교차로수와 함께 비교하였다.

표 7. 차량 당 CO₂ 배출량이 상위 링크된 10개 구간 비교

고속도로 구간	고속도로 CO ₂ 배출량 (g/km/대)	1번국도 구간	일반국도 CO ₂ 배출량 (g/km/대)	km당 교차로 수
안성IC~망향휴게소(1)	152.0	터미널사거리~창룡문사거리	205.0	4.2
안성IC~망향휴게소(2)	152.0	장곡검문소~등원교차로	204.5	3.8
안성JC~안성IC	152.0	대자삼거리~장곡검문소	200.0	3.6
기흥IC~오산IC	152.0	등원교차로~월릉교차로	199.0	3.2
오산IC~안성JC	151.0	월릉교차로~여우고개사거리	193.0	3.0
서울T/G~신갈JC	151.0	창룡문사거리~복수원IC	193.0	2.9
달래네고개~서울T/G	150.5	병점사거리~터미널사거리	174.0	2.9
서초IC~만남의광장	150.0	박달우회도로~서울시계	166.5	2.8
만남의광장~달래네고개	150.0	복수원IC~호계사거리	160.0	2.6
신갈JC~기흥IC	150.0	호계사거리~신기사거리	151.0	2.6

상위 링크된 총 10개의 구간 역시 1번국도가 경부고속도로보다 높은 차량 당 CO₂ 배출량을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 크게 통행속도와 교차로 유무로 볼 수 있다.

통행속도에서 고속도로는 평균적으로 80~90(km/h) 사이에 분포하고 있으며 일반국도는 대체적으로 30~60(km/h) 사이에 분포하고 있는 점을 알 수 있다.

이는 평균통행속도가 저속으로 운행할 시 더 많은 차량 당 CO₂를 배출한다는 것을 알 수 있다.

국도가 고속도로에 비해 저속으로 운행할 수 밖에 없는 요소로는 신호 및 교차로를 들 수 있다. 교차로 및 신호대기 시 일정속도를 유지하며 운행하다 가·감속을 실시함으로써 평균 통행속도가 낮아지게 된다. 따라서 교차로의 존재는 차량의 가·감속에 영향을 주고 그에 따라 차량 당 CO₂ 배출량이 증가하는 추세를 확인할 수 있다.

표 7의 1번국도를 살펴보면 차량 당 CO₂ 배출량이 205.0(g/km/대)로 최대로 배출되는 터널사거리~창룡문사거리 구간에서 교차로 수 역시 4.2개로 최대 구간임을 알 수 있다. 최소 구간 역시 호계사거리~신기사거리 구간으로서 차량 당 CO₂ 배출량이 151.0(g/km/대)로 최소로 배출되고 교차로 수 역시 2.6개로 최소 구간임을 알 수 있다. 이는 교차로 수에 따라 차량 당 CO₂ 배출량이 크게 차이가 나는 것을 알 수 있다.

4.3. 가장 큰 특징을 보이는 2개의 구간 선정 비교 분석

4.3.1. 평균통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량 최대구간

그림 4는 구간거리를 10km의 세부구간으로 나누어 동일하게 책정하여 차량 당 CO₂의 배출량을 살펴 본 결과 가장 많은 차량 당 CO₂가 발생한 구간을 각각 비교한 그림이다.

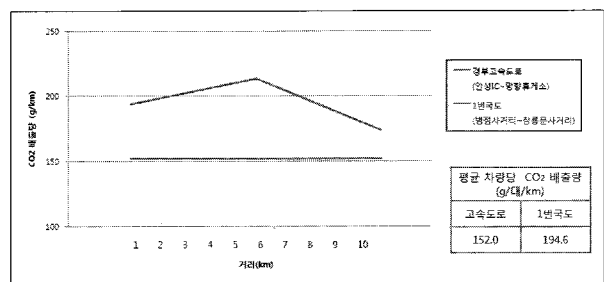


그림 4. 차량 당 CO₂ 발생 최대구간 비교

차량 한 대가 해당 구간을 지나갈 때 배출하는 CO₂의 평균 배출량은 경부고속도로는 152.0(g/km/대) 1번국도는 195.0(g/km/대)로 나타났다. 이는 1번국도가 약 1.8배 가량 더 많은 차량 당 CO₂를 배출한 것을 알 수 있다.

경부고속도로의 경우 최대치와 최소치가 동일하게 152.0(g/km/대)로 나타났으며 1번국도의 경우 최대치 214.0(g/km/대)에서 최소치 174.0(g/km/대)으로 나타났다.

1번국도의 최고치와 최저치를 비교해 보면 개략적으로 1.8배 가량 차이가 나는 점을 알 수 있다. 이는 동일한 거리의 구간이라도 교차로 수나 지정체 유무에 따라 차량 당 CO₂ 배출량이 많은 차이를 보일 수 있다는 것을 알 수 있다.

더 많은 양의 차량 당 CO₂를 배출하는 원인으로서는 해당구간의 교차로 수가 km당 3.5개로 다른 구간에 비해 많다는 점을 들 수 있다. 이는 교차로 및 신호로 인한 가·감속이 큰 요인으로 작용한 것이라 판단된다.

또한 평균 통행속도가 전 구간에 걸쳐 가장 느린 구간이었다. 그러므로 차량 당 CO₂의 배출은 일정속도 이하로 주행할 시 혹은 교차로 및 신호등에서 감속 후 다시 가속할 시 배출량이 증가한다는 것을 알 수 있다.

4.3.2. 평균통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량 최소구간

그림 5는 세부구간으로 나누어 구간거리를 10km로 동일하게 책정하여 평균통행속도에 따른 차량 당 CO₂ 배출량이 가장 적은 구간을 비교한 그림이다.

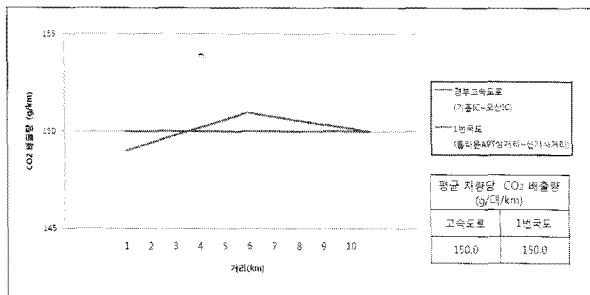


그림 5. 차량 당 CO₂ 발생 최소구간 비교

차량 한 대가 해당 구간을 지나갈 때 배출하는 평균 CO₂ 배출량은 경부고속도로와 1번국도 모두 동일하게 150.0(g/km/대)로 나타났다. 최소 구간 내에서 최대치와 최소치 역시 경부고속도로와 1번국도 모두 비슷한 수치를 나타내고 있다.

1번국도 전 구간의 평균통행속도는 30~60(km/h) 사이에 분포하고 있다. 하지만 해당 구간에서는 평균통행속도가 80(km/h)을 상회하는 비교적 높은 통행속도를 보이고 있다. 통행속도가 고속도로와 비슷한 속도로 운행이 가능한 점은 교차로와 신호에 영향을 덜 받는다고 판단할 수 있다. 실제로 이 구간에서 km당 교차로 수는 2.3개로 다른 곳에 비해 교차로 수가 적음을 알 수 있다.

차량 당 CO₂ 배출량이 최대구간과 최소구간에서의 차이는 고속도로에서는 거의 차이가 없는 것을 알 수 있다. 하지만 1번국도의 경우 동일한 거리의 구간이지만 차량 당 CO₂ 배출량의 차이가 크다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 고속도로와 일반국도로 나누어 도로유형과 평균통행속도가 차량 당 CO₂ 발생에 미치는 영향에 대하여 비교 하였다.

첫째, 고속도로와 일반국도에서의 전체구간의 차량 당 CO₂ 배출량을 비교한 결과 전 구간에 걸쳐 일반국도에서 고속도로보다 개략적으로 1.8배 더 많은 CO₂를 배출한다는 사실을 알 수 있었다. 일반국도에서 차량 당 CO₂가 더 많이 발생한 이유는 신호와 교차로 등으로 인한 가·감속 운행이 속도 저하에 큰 원인으로 볼 수 있다.

둘째, 차량 당 CO₂ 배출량이 상위 랭크된 총 10개의 구간을 선정하여 비교한 결과 1번국도의 경우 구간의 거리는 동일하나 교차로 수가 증가하면 차량 당 CO₂ 배출량 역시 증가하는 것을 알 수 있었다. 상위 랭크된 10개의 구간 역시 일반국도에서 고속도로보다 더 많은 차량 당 CO₂를 배출한다는 사실을 알 수 있었다.

셋째, 위의 자료들을 토대로 차량 당 CO₂ 최대구간과 최소구간을 선정하여 비교한 결과 이 역시 동일한 거리의 구간이지만 차량 당 CO₂ 배출량의 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 경부고속도로의 경우 차량 당 CO₂ 배출량이 최대 구간과 최소 구간에서의 차이가 거의 없다. 하지만 1번국도의 경우 개략적으로 2배의 차이를 보이고 있다. 이는 동일한 거리의 구간이지만 도로의 상황이 나 차로 수, 교차로 수 등의 차이로 인하여 차량 당 CO₂ 배출량이 현격하게 차이가 나타난다는 것을 알 수 있다.

하지만 평균통행속도와 교차로 수 외에도 차량 당 CO₂ 배출량을 증가시키는 요소는 존재할 것으로 예상된다. 연구 대상 구간의 차로수를 고려한 차량 당 CO₂ 배출량, 시·도별로 구분한 차량 당 CO₂ 배출량, 교통량 대비 차량 당 CO₂ 배출량 등의 요소들이 더욱 많이 있으나 모두 고려하지 않았다는 점은 향후 연구로서 보완해야 할 것이다.

또한 본 논문에서 거시적으로 볼 때 연속류 도로와 단속류 도로를 비교하였는데 향후 CO₂ 저감형 도로 설계 시에 연속류 도로로 설계해야 할 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 고속도로와 일반국도에서 배출되는 차량 당 CO₂의 배출량 비교 및 요소를 분석함으로써 향후 도로부문에서 CO₂ 배출량을 줄이기 위한 연구의 중요한 지표가 될 것이다.

감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국과학

재단의 연구지원프로그램으로 지원받았습니다.(연구과제 관리코드: AE0207)

참고 문헌

경기도교통정보센터(2010). "노선별 통계정보", <http://gits.gg.go.kr>
국립환경과학원 (2001). "자동차의 온실가스 배출량 조사", 국립환경과학원
국립환경과학원 (2011). "CO₂ 배출계수 산출식", 국립환경과학원
Alessandra, C. (2002). "Modeling traffic flow emissions", Master of Science in Transportation, *Department of Civil and Environmental Engineering*, Massachusetts institute of Technology.

Hesham, R., Ahn, K. H., Ihan, E. S. and Jang, S. B. (2003). "Emission model development using in-vehicle on-road emission measurements", *13th CRC On-road vehicle emissions workshop*, San Diego.

Matthew, B., Kanok, B. (2009). "Traffic congestion and greenhouse gases", *Transportation Research at the University of California*, Access 35, 2-9.

접 수 일 : 2011. 5. 18

심 사 일 : 2011. 5. 19

심사완료일 : 2011. 7. 20