

개별차량 속도기반 온실가스 배출량 산정 연구

GHGs Emissions Based on Individual Vehicles Speed

장현호¹ · 최성훈^{2*} · 윤병조³Hyunho Chang¹, Seonghun Choi^{2*}, Byungjo Yoon³¹General researcher, Urban Science Institute, College of Urban Science, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea²Researcher, Urban Science Institute, College of Urban Science, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea³Professor, College of Urban Science, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea

*Corresponding author: Seonghun Choi, onewcsho@naver.com

ABSTRACT

Purpose: Greenhouse gases are one of the major causes of global warming, a global disaster. This study aims to calculate road sector greenhouse gas emissions more precisely than conventional methods. **Method:** Currently, the average speed of a vehicle is used to calculate greenhouse gas emissions. In this study, GHG emissions are calculated using the speed of individual vehicles and compared with current methods. **Result:** It was confirmed that the existing emission estimation method underestimated about 15% in the case of carbon dioxide, about 1% in the case of nitrous oxide, and about 1% in the case of methane. **Conclusion:** Current methods of estimating greenhouse gas emissions were developed before 2000 and were developed to meet the limits of available data. However, with the advancement of technology, the quality of available data is now high, and new emissions estimation methods are needed. Therefore, in this study, we propose a method for estimating the velocity-based greenhouse gas emissions of individual vehicles as a more accurate method for calculating greenhouse gas emissions.

Keywords: GHGs Emission, Individual Vehicles Speed, Accurate GHG Emission Estimation, Emission Factor, Emission unit

요약

연구목적: 온실가스는 전 세계적인 재난인 지구 온난화의 주요 원인 중 하나이다. 본 연구에서는 도로부 문 온실가스 배출량 산정을 기존의 방법보다 정밀하게 산정하는 목적을 가진다. **연구방법:** 기존에는 온 실가스 배출량 산정에는 전체 차량의 평균속도를 이용한다. 본 연구에서는 개별차량의 속도를 이용해 온실가스 배출량 산정을 진행하여 기존의 방법과 비교분석을 진행한다. **연구결과:** 기존의 배출량 산정 방법이 이산화탄소의 경우 약 15%가 과소측정 되었음이 확인되었으며 아산화질소의 경우에 약 1%가 과대측정이 되었고 메탄의 경우 약 1%가 과소 측정 되었음이 확인되었다. **결론:** 기존의 온실가스 배출 량 산정 방법은 2000년 이전에 개발되어 가용자료의 한계에 맞추어 개발되었다. 하지만 기술의 발전으 로 가용 자료의 질이 높아진 현재는 새로운 배출량 산정 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 진보된 자료에 맞는 좀 더 정밀한 온실가스 배출량 산정을 진행 할 수 있는 방법인 개별차량의 속도기반 온실가 스 배출량 산정 방법을 제시한다.

핵심용어: 온실가스 배출량, 개별차량 속도, 정밀한 온실가스 배출량 산정, 배출계수식, 배출원단위

Received | 29 August, 2019

Revised | 4 September, 2019

Accepted | 18 December, 2019

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

서론

온실가스는 전 세계적인 재난인 지구 온난화의 주요 원인 중 하나이다. 당연하게도 지구 온난화에 전 세계의 많은 국가들이 온실가스 배출량 감축의 필요성을 느끼고 각종 국제 협약을 맺는 등의 노력을 보이고 있다. 대표적인 국제협약들은 최초인 UN기후변화협약부터 교토의정서, 최근으로는 파리협약으로 이어졌고 우리나라도 파리협약의 결과에 따라 온실가스 감축에 포함되었다. 온실가스 감축 목표를 2030년까지 BAU (Business As Usual) 대비 37%를 낮추기로 하였으며 각종 정책을 펼쳐 온실가스 감축을 위한 실질적인 노력을 시작하였다.

우리나라의 온실가스 배출량의 현황을 살펴보면 국내 온실가스 배출량은 총 배출량 중에서 에너지 관련이 93%로 대부분을 차지하고 산업 공정이 8% 농업이 3.19% 토지이용이 부문이 -6.88%를 차지한다. 본 논문에서 다루게 될 수송부문은 그중 에너지 부문에 포함되어 있다. 수송부문이 에너지 부문 중에서 15.7%를 차지하고 있고 총 배출량 중에서는 13.6%를 차지하고 있기에 온실가스 감축에 매우 중요한 분야라고 볼 수 있다. 우리나라의 2030년까지의 감축목표 중에서 수송부문의 감축 목표는 14.6%이다. 온실가스 배출량 감축을 위한 각종 정책을 실행하기 위해서는 먼저 현재 배출량이 얼마나 되는지에 대해 파악하는 기초 작업이 중요하다. 따라서 온실가스 배출량을 정확하게 산정하는 것은 매우 중요하다.

도로부문 온실가스 배출량은 기하구조, 기상조건, 차량특성, 운전자 특성, 연료특성 등 여러 가지 조건에 영향을 받고 이동 상황에 따라 변하기 때문에 온실가스 배출량 추정이 쉽지 않다. 이를 분석하기 위해서 가장 중요한 것으로 각 개별차량의 속도 및 거리의 자료가 필요하다. 그러나 전국 모든 도로에 대한 자료는 수집되지 않고 있으며 주요 도로 구간에 한정하여 수집된다. 과거에 배출량 산정방법은 당시 가용 기술의 한계를 고려하여 개발되었다. 그래서 기존 CAPSS 시스템은 시도별 주요 링크를 대상으로 교통량이 수집되는 링크에서는 차량 주행거리를 직접 산출하고 교통량이 수집되지 않는 링크에서는 차량 주행거리를 추정된 뒤에 배출량을 산정하였다. 본 연구에서는 개별차량의 속도를 기준으로 배출단위를 구해서 배출량의 산정을 진행한다. 이 방법을 통해 기존의 배출량 산정 방법에서 고려하지 못한 문제점을 해결하여 정밀한 측정을 할 수 있다. 본 연구에서는 기존 온실가스 배출량 산정 방법인 차량의 평균속도를 배출계수식에 넣어 산정을 진행할 때 생기는 문제점을 해결하기 위해 개별차량의 속도를 기반으로 한 배출량 산정 방법을 제시하며 기존 방법과의 비교를 통해 온실가스 산정하는 방법의 변화가 필요함을 제시한다.

선행 연구

자동차의 온실가스 배출에 관련된 연구들을 살펴보면 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 차량의 배출계수식에 관련된 연구다. 차량의 온실가스 배출물질은 CO₂ (이산화탄소), CH₄ (메탄), N₂O (아산화질소) 등으로 나누어진다. 이 배출물질들은 차량의 속도에 따라 각각의 배출단위를 가지며 이 배출계수식을 실험으로 구하는 연구들을 다음과 같이 살펴보았다.

Ryu et al. (2008)는 여기서 실험 자료를 기반으로 도로이동오염원에 대하여 Tier 1, 2, 3의 목표 온실가스인 CO₂, CH₄, N₂O에 대한 차종별 속도에 따른 배출계수 산출식을 제시하고 차량별로 배출계수식을 추출하는 실험을 진행하였다. 시험대상 차종은 한국자동차공업협회에서 제공하는 차량별 자동차등록대수 자료를 토대로 시장점유율이 높은 차량모델 중 점유율이 80%이상 되는 차종을 대상으로 시험차량을 선정하여 진행되었으며 배출가스 시험방법으로는 차량동력계 시험방법을 사용하였다. 이 실험을 통해 차종별 배출계수식을 제시하였다.

두 번째로 배출계수식을 통해 구한 배출원단위를 활용하여 배출량을 산정하는 연구들이 있다. 이 연구들은 국내외의 기존의 배출량 산정 방식을 다루는 연구들과 차량의 상태에 따른 온실가스 배출량 산정 및 각종 온실가스 배출의 원인이 되는 문제를 확인하고 온실가스 배출량을 줄이려는 연구가 진행된다.

Song (2013)는 도로이동오염원의 배출량 산정방법을 자세하게 다루었다. 배출원 분류체계를 엔진 가열, 엔진 미가열, 휘발유 증발 배출로 나누어 분류하였으며 시도별 자동차 등록 현황, 천연가스 보급현황, 전국 택시 대수, 자동차 주행거리, 고속도로 구간정보, 배출가스 저감장치 부착현황 등에 대해 다루었고 부문별 산정 방법론에 대해서 다루었다.

Kim (2001)는 교토의정서에서 지구온난화를 발생시키는 온실가스로 지정한 CO₂, CH₄ (메탄), N₂O (아산화질소), HFCs (수소불화탄소), PFCs (과불화탄소) 중 CO₂, CH₄, N₂O를 대상으로 총량적으로 서울시의 온실가스 배출량을 예측하였다.

Kan (2018)은 차량의 GPS의 빅데이터 분석이 에너지 소비 및 배출량의 양과 분포에 유용하다고 보고 GPS 샘플 데이터를 기반으로 차량이 이동할 때와 정지할 때의 분석을 통해 차량의 에너지 소비 및 배출량을 정확하게 추정하고 시각화하는 방법을 제안하였다.

Rakha (2000)는 평균 속도를 이용해 배출량 산정을 진행할 경우 정체와 링크에서 차량의 정지 횟수 등을 고려하지 못하는 문제를 해결하기 위해 Oak Ridge 국립 연구소에서 얻은 데이터를 적용한 교통 시뮬레이션 모델 내에서 차량의 즉각적인 속도와 가속도 데이터를 이용해 연료 소비 및 배출량에 대한 분석을 진행하였다.

앞서 살펴본 도로부문의 온실가스에 관련된 연구들은 배출계수식과 배출량 산정 두 가지 연구로 대부분 귀결된다. 본 논문에서는 두 번째 경우로 온실가스 배출량에 대하여 다룬다. 기존의 방법론에서 구간의 평균속도를 사용하기에 속도가 낮을 경우 배출량이 기하급수적으로 늘어나는 문제가 생기는 배출계수식의 특성을 고려하기 위해 개별차량의 속도에 기반을 둔 온실가스 배출량 산정을 진행하여 기존의 방법과 비교를 진행한다.

방법론

배출계수식

Table 1은 현재 국내에서 도로부문 온실가스 배출량을 산정할 때 이용하는 배출계수식으로 국립환경과학원의 대기보전 정책지원시스템의 실험을 통해 나온 결과이다. 본 연구에서는 도로이동오염원의 주요 온실가스 6가지 중에 3가지인 이산화탄소와, 메탄, 아산화질소를 대상으로 분석을 하고 Table 1에 나온 배출계수식을 사용하여 온실가스 배출량 산정을 진행한다. 배출계수식의 적용하는데 사용한 자료의 한계로 인하여 정확한 차종의 구분을 하지 못하고 승용차, 버스, 트럭으로 구분되었다. 이 3가지 차종의 연료별 배출계수식 중 우리나라 등록차량에서 대부분을 차지하는 연료를 대상으로 온실가스 배출계수식 적용하고 분석을 진행하였다.

Table 1. Emission Factor for Vehicle type

Vehicle type		Component	Speed	Emission factor
Car	Car (gasoline)	CO ₂	79.6km/h 미만	$y = 900.6x^{(-0.54)}$
			79.6km/h 이상	$y = 1.493x - 26.28$
		CH ₄	79.6km/h 미만	$y = 0.063x^{(-1.39)}$
			79.6km/h 이상	$y = 4E - 0.5x - 0.002$
Bus	City Bus (CNG)	CO ₂	-	$y = 6338x^{(-0.63)}$
		CH ₄	-	$y = 37.84x^{(-0.58)}$
		N ₂ O	-	$y = 0.126x^{(-0.82)}$
Truck	Pick-up (Diesel)	CO ₂	65.4km/h미만	$y = 932.6x^{(-0.4626)}$
			65.4km/h이상	$y=1.2158x^{(1.1317)}$
		CH ₄		$y = 0.0349x^{(-0.6406)}$
		N ₂ O	79.6km/h 미만	$y=0.1298x^{(-1.0902)}$
79.6km/h 이상	$y=3E-06x^{(1.3719)}$			

방법론의 개요

차량의 속도는 도로부문 온실가스 배출량 산정을 진행하는데 중요한 입력값 중 하나이다. 기존에 국내에서 도로부문 온실가스 배출량 산정이 차량의 평균속도를 이용하고 있다. 평균차량속도는 집계과정에서 개별차량 속도의 특성이 상쇄됨으로 정확한 도로이동오염원을 추정하는데 문제가 있다. 이 문제의 원인은 차량의 속도는 동질적이지 않기 때문이다. 속도에 따른 차량의 배출원단위는 통행속도가 감소할수록 급격히 증가한다. 따라서 기존 방법론은 온실가스 배출량을 과소추정하게 되는 문제를 가지고 있다. 본 연구에서는 보다 현실적이고 정밀한 온실가스 배출량을 산정하기 위해 구간평균속도 대신 각 개별차량의 속도를 배출계수식에 적용한다. 고속도로 구간을 대상으로 적용하여 기존방법의 산정결과와 비교를 통해 과소추정 문제를 명확히 인식하고 보다 합리적인 배출량 산정 방법을 제시한다. 본 연구에서 비교하는 기존의 차량의 평균속도 기반 온실가스 배출량 산정 방식과 개별차량의 속도기반 온실가스 배출량 산정은 Fig. 1과 같은 과정을 가진다. 본 연구에서는 하이패스 단말기가 RSE 검지기를 통과할때 기록되어진 DSRC (Dedicated Short Range Communications) 경로자료를 통해서 도로이동오염원의 배출량 산정을 진행하였다. 첫 과정으로 자료의 RSE ID에 따라 연구 대상지를 지나간 차량의 ID를 분류하고 차종을 분류한 후 RSE 검지기를 통과한 시간을 추출하여 DB를 구성한다. 추출한 DB를 가지고 기존의 배출량 산정 방법인 차량전체의 속도의 평균값을 이용하는 방법과 개별차량의 속도를 이용하는 본 연구의 방법에 따라 나누어 차량별 속도의 DB를 구성한 후 3가지 온실가스의 배출계수식에 차종에 맞는 속도값을 넣어 배출원단위 산정을 진행한다. 산정된 두 가지의 배출원단위에 이동거리를 각각 곱해주어 최종적인 배출량 산정을 진행한다. 본 연구에서는 이처럼 기존의 방법과의 차이를 링크 내 모든 차량의 평균속도를 이용한 것과 개별차량의 각각에 속도를 이용한 것에만 둔 후 산정된 배출량을 비교 분석한다.

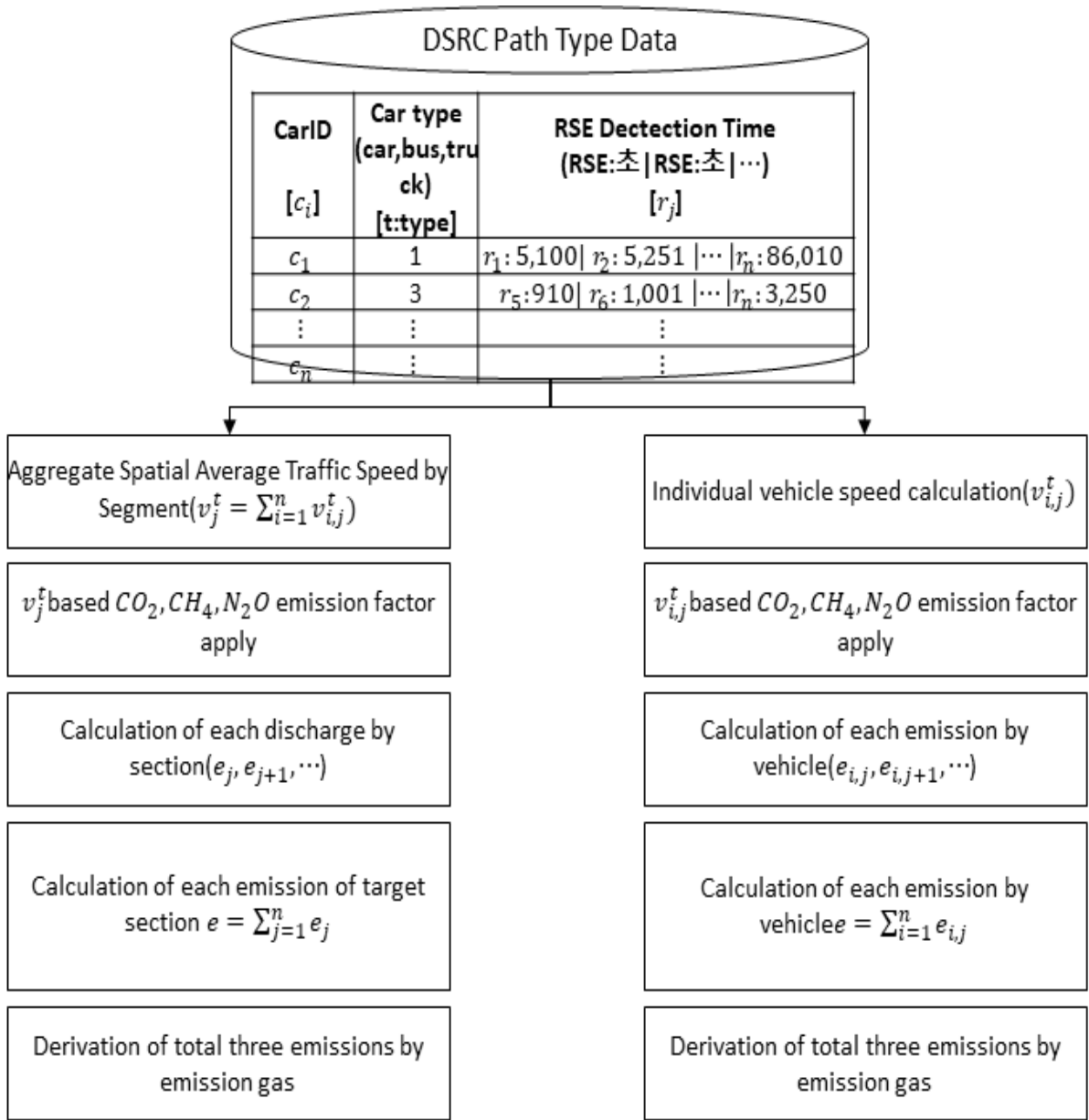


Fig. 1. Methodology flow

온실가스 배출량 산정 방법의 한계점

차량의 속도에 따른 CO_2 배출량(g/km)은 Fig. 2에서와 같이 승용차와, 트럭의 경우에는 속도가 증가함에 따라 음지수적(negative exponential)으로 감소한 후, 임계속도이상에서 다시 증가한다. 기존의 온실가스 배출량 산정에서는 일평균속도를 일괄적으로 적용하기 때문에 배출계수식의 특히 속도가 낮을수록 배출량의 폭이 큰 변화를 가지는 특성을 고려하지 못하게 된다. 따라서 기존의 방법에 따라 도로부문 온실가스 배출량을 산정할 경우 배출량을 과소 추정하게 되는 문제가 생기게 된다.

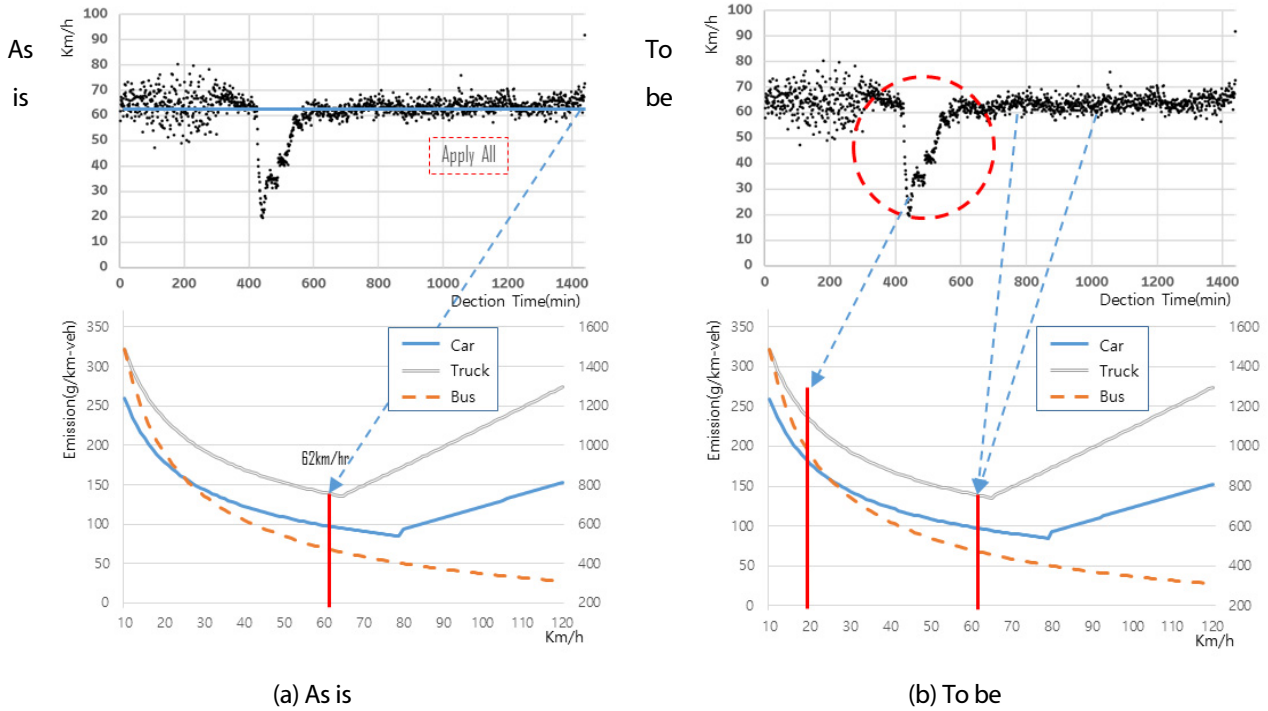


Fig. 2. GHGs Emissions for Vehicle type

기존의 도로부문 온실가스 배출량 산정

기존에 도로부문 온실가스 배출량 산정에서는 식 (1)과 같이 단순하게 일평균속도를 구한 후 배출계수식에 적용한 결과에 식 (2)과 같이 구간거리와 차량의 대수를 곱해주어 산정을 진행하였다.

$$S_j = \frac{n}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} + \dots + \frac{1}{v_{n-1}} + \frac{1}{v_n}} \tag{1}$$

$$e_{v_{s_j}} \times n \times d_j = \text{Total Emission(existing) of the } j \text{ interval} \tag{2}$$

개별차량의 속도기반 도로부문 온실가스 배출량 산정

도로부문의 온실가스 배출량을 산정하기 위해서 식 (3)과 같이 개별차량별 평균속도의 DB를 구축하고 배출계수식에 적용하여 각 개별차량의 배출 원단위를 산정한다. 산정된 개별차량의 배출원단위에 식 (4)를 보면 같이 구간거리를 곱하여 구간의 온실가스 배출량의 산정을 진행한다. 다음 방법에 따라 온실가스 배출량 산정을 진행하게 되면 기존 배출량 산정의 낮은 속도의 배출량을 고려하지 못하는 문제를 고려한 산정이 가능하게 된다.

$$\sum_{i=1}^n e_{v_i} / n = \text{GHGs Emission Unit} \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^n e_{v_i} \times d_j = \text{Total Emissions of the j interval} \tag{4}$$

적용 결과

본 연구에서는 온실가스 배출량 산정 및 특성 분석 진행을 위해 고속도로에서는 구간검지 시스템을 운영 중인 한국도로공사의 DSRC 원시자료를 통해 만든 DSRC 경로자료를 사용하였다. 자료는 차량ID, 차종, 검지기ID, 검지시각으로 구성되어 있으며 검지시각은 1일 86,400초를 기준으로 표기되어 있다.

분석의 시간적 범위는 2015년 10월 1일부터 2015년 10월 7일까지 1주일간의 자료를 사용하였다. 공간적 범위로는 고속도로 노선 중 경부고속도로의 하행 2구역과 상행 1구역을 합쳐 총 3구역을 대상으로 선정하였다. 구역 선정하는데 있어서 휴게소와 휴게소 사이의 구간을 기준으로 두었다. 하행의 1구역은 만남의 광장 휴게소에서부터 기흥 휴게소 전까지의 구간으로 RSE 검지기 3개가 있으며 총 9.9km의 구간길이를 가졌다. 하행의 2구역은 기흥 휴게소에서부터 안성 휴게소까지 9개의 RSE 검지기가 존재하며 총 20.8km의 구간길이를 가졌다. 마지막으로 상행의 3구역은 안성 휴게소부터 죽전 휴게소 전까지로 총 11개의 RSE 검지기가 존재하며 26.1km의 구간길이를 지니며 총 구간길이는 56.8km이다. 3구역 모두 차량의 소통이 잦은 구간으로 하루에 최소 3만대이상의 차량이 지나가는 구간을 선정하여 분석을 진행하였다. 분석 구간의 각 차종별 차량 대수와 속도는 Table 2와 같이 나왔고 기존에 적용하고 있는 배출량 산정 방법인 일평균 교통량 값을 이용하는 배출량 산정 방식으로 산정한 결과와 개별차량 속도기준으로 배출량 산정을 진행한 방법을 비교분석을 한 값이 Table 3와 같이 나타났다. 또한 1주일간의 온실가스별 배출량을 그래프로 나타내면 Fig. 3와 같이 나온다. 비교 결과 차량의 속도가 기본적으로 높은 고속도로임에도 불구하고 기존 방법이 개별차량 방법보다 평균적으로 이산화탄소의 경우 약 15% 과소 추정된 결과가 나왔고 아산화질소의 경우 약 1%~2%정도 과대 추정된 결과가 나왔으며 메탄의 경우 약 1% 과소 추정된 결과가 나왔다.

Table 2. Vehicle Number and Speed by Section

구분	Car		Bus		Truck	
	Numer of Vehicles	Average Speed (km/h)	Numer of Vehicles	Average Speed (km/h)	Numer of Vehicles	Average Speed (km/h)
Section 1	108,175	70.29	12,835	85.92	1,718	65.09
Section 2	291,801	76.96	25,750	92.7	4,359	75.74
Section 3	333,355	87.71	35,148	95.29	6,261	76.4

Table 3. Comparing of Average Speed Methods and Individual Vehicles Speed Methods

Section	Day	GHGs Emission (g)							
		Existing Method				Based on Individual Vehicles Speed Method			
		CO ₂	N ₂ O	CH ₄	Sum	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	Sum
1 Section	Mo	49,785,432	124,223	195	49,909,850	58,640,884	123,444	195	58,764,523
	Tu	49,580,334	124,594	197	49,705,125	57,575,012	124,023	198	57,699,233
	We	49,088,459	122,482	192	49,211,133	57,520,766	122,311	192	57,643,269
	Th	52,009,701	132,691	202	52,142,594	60,501,294	132,518	203	60,634,015
	Fe	58,931,734	158,045	252	59,090,031	65,581,761	154,137	254	65,736,146
	Sa	47,307,615	119,297	179	47,427,091	56,327,142	119,370	180	56,446,692
	Su	48,835,281	115,397	168	48,950,846	56,130,345	115,118	168	56,245,631
	Sum	355,538,557	896,729	1,385	356,436,671	412,277,203	890,921	1,384	413,169,508
2 Section	Mo	82,299,842	167,328	279	82,467,449	107,244,362	165,228	278	107,409,868
	Tu	88,825,945	161,652	255	88,987,852	99,207,068	160,726	258	99,368,052
	We	96,473,261	157,557	246	96,631,064	99,949,667	157,154	247	100,107,068
	Th	94,184,874	189,363	317	94,374,554	119,695,341	189,755	319	119,885,415
	Fe	124,245,647	319,541	535	124,565,723	141,470,680	302,270	520	141,773,470
	Sa	101,414,422	193,656	292	101,608,370	106,389,241	193,026	292	106,582,559
	Su	98,978,915	191,685	278	99,170,878	105,007,353	191,165	278	105,198,796
	Sum	686,422,906	1,380,781	2,201	687,805,888	778,963,713	1,359,325	2,192	780,325,230
3 Section	Mo	114,030,555	234,393	363	114,265,311	126,549,387	233,295	365	126,783,047
	Tu	104,734,745	238,144	385	104,973,274	128,657,580	238,002	386	128,895,968
	We	107,500,650	240,688	398	107,741,736	128,842,796	240,261	398	129,083,455
	Th	137,350,281	312,358	536	137,663,175	153,499,580	307,747	533	153,807,860
	Fe	127,838,375	288,340	472	128,127,187	145,756,625	287,810	470	146,044,905
	Sa	122,413,630	292,554	462	122,706,646	140,815,816	290,813	461	141,107,090
	Su	119,737,368	289,630	439	120,027,437	146,526,406	289,847	439	146,816,692
	Sum	833,605,603	1,896,107	3,054	835,504,764	970,648,190	1,887,774	3,052	972,539,016

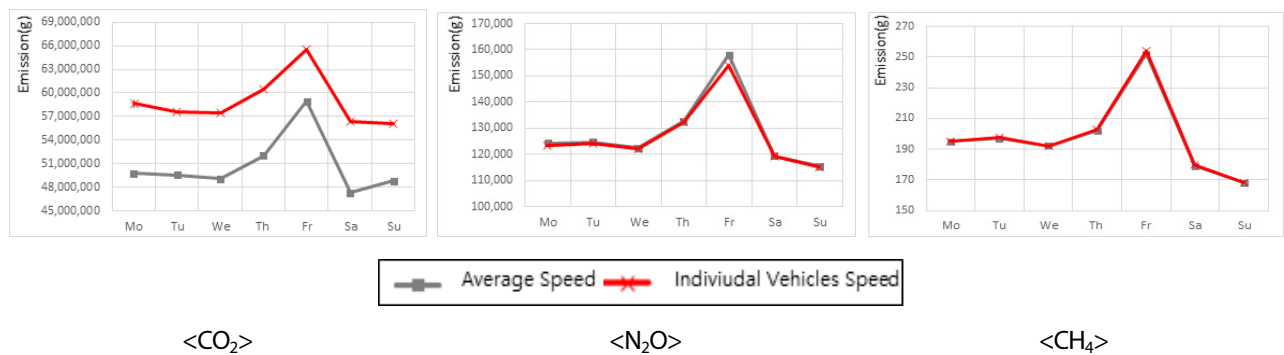


Fig. 3. Comparing existing Method and individual Vehicles Speed Method

결론

기존에 쓰이고 있는 도로부문에서의 온실가스 배출량 산정모형은 2000년 이전에 주로 개발되었기 때문에 당연히도 당시의 가용자료의 여건에 맞게 개발되었다. 오늘날 기술의 발전으로 스마트단말기를 통한 내비게이션의 보급이 활발하게 이루어져 개별차량의 이동을 속도 및 경로 등 정밀하게 얻을 수 있게 되었다. 본 연구에서는 이점을 고려하여 도로부문에서 현재 사용하고 있는 온실가스 배출량 산정 방법인 링크구간 차량의 평균속도를 이용한 배출량 산정 방법과 본 연구에서 제안하는 개별차량의 속도를 이용하는 배출량 산정 방법의 비료를 진행하였다.

본 연구에서는 경부고속도로 중 56.8km를 대상으로 분석을 진행하였는데 기존 방법과 본 연구의 방법과의 결과를 비교 분석 하였을 때 개별차량 속도기준으로 산정한 결과에 비해서 이산화탄소(CO₂)의 경우 배출량이 약 15% 과소 추정되고 있었고 메탄(CH₄)의 경우도 배출량이 약 -1%~2% 과소 추정되고 있었지만 아산화질소(N₂O)의 경우에는 배출량이 약 0.1%~1% 과대 추정되고 있었다. 이 결과는 잘못하면 이산화탄소의 경우에만 차이가 크게 나타난다고 볼 수 있지만 각 온실가스가 가지는 환산계수를 적용할 경우 메탄과 아산화질소의 경우도 큰 차이를 가진다. 오래된 기존의 배출량 산정방식의 개선이 필요함을 뜻하며 각 온실가스 별로 연구가 필요한 것 또한 알 수 있고 본 연구에서 제시한 개별차량의 속도기반의 배출량 산정 방식 또한 그 방법들 중에 한 가지가 될 수 있을 것이다.

도로이동오염원의 배출량 산정 기본 구간은 스마트폰의 내비게이션을 통해 얻는 GPS좌표를 통한 자료처럼 초단위의 개별차량의 정보가 기록되는 지금은 물론이고 미래에 다른 차량의 자료수집 기술이 발달해도 유용하게 활용될 수 있다. 또한, 향후 자율주행자동차의 시대가 오면 개별차량의 속도 기준 배출량 산정의 정확도는 더 올라갈 것으로 전망된다.

본 연구의 한계점으로 도로부문 온실가스 배출량을 산정을 진행할 때 배출원단위를 구하면서 국립환경과학원에서 실험을 통해 계산한 배출계수식을 사용하였다. 하지만 배출계수식을 적용할 때 자료의 한계로 승용차와, 버스, 트럭 3가지 종류의 차량으로 밖에 분류를 하지 못하고 배출량 산정을 진행하였다. 그러므로 개별차량의 차종까지 포함한 데이터를 통한 온실가스 배출량 산정의 진행을 통한 분석이 필요하다고 판단된다.

또한 연구 진행에 연구 범위를 고속도로로 정해서 진행을 하였기에 차량의 평균속도가 높을 수밖에 없다. 배출계수식 그래프를 살펴보면 20km/h 이하의 저속일 때 배출량이 많아진다는 점을 볼 때 도심부를 대상으로 비교를 진행하게 되면 더 큰 차이가 날 것으로 예상되기에 도심부를 대상으로 한 개별차량의 속도기준으로 배출량을 분석하는 연구 또한 필요하다고 판단된다.

Acknowledgment

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비지원(19TLRPB148966-02)에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] Kan, Z., Tang, L., Kwan, M.-P., Zhang, X. (2018). "Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Using GPS Big Data." *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, Vol. 15, No. 4, p. 566.
- [2] Kim, W.-S. (2001). "A Study on the Role of Seoul City Government implementing the UN Framework Convention Climate Change." 2001-R-12 Seoul Development Institute.

- [3] Ryu, J.-H., Lim, J.-H. (2008). “Establishment of Climate Change responding System for Transportation Sector.” National Institute of Environmental Research, Nier No. 2008-27-977
- [4] Song, C.-K., Kim, D.-K., Jin, H.-A., Shin, S.-A., Lee, H.-K., Lee, K.-M., Kim, B.-E., Seol, S.-H. (2013). “CAPSS Model National Air Pollutant Emission Estimation Manual.” National Institute of Environmental Research, Nier-GP2013-097
- [5] Rakha, H., Aerde, M.-V., Ahn, K., Trani, A.-A. (2000). “Requirements for evaluating traffic signal control impacts on energy and emissions based on instantaneous speed and acceleration measurements.” *Transportation Research Record*, No. 1738, pp. 56-67.