

## 온실가스 배출량 산정 방법 및 영향 요인 연구

## GHGs Emissions Calculation Method and Influence Factors

최성훈<sup>1</sup> · 장현호<sup>2</sup> · 윤병조<sup>3\*</sup>Seonghun Choi<sup>1</sup>, Hyunho Chang<sup>2</sup>, Byungjo Yoon<sup>3\*</sup><sup>1</sup>Researcher, Urban Science Institute, College of Urban Science, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea<sup>2</sup>General researcher, Urban Science Institute, College of Urban Science, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea<sup>3</sup>Professor, College of Urban Science, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea

\*Corresponding author: Byungjo Yoon, bjyoon63@inu.ac.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** Greenhouse gases are one of the major causes of global warming, a global disaster. In this study, the priority that affects when calculating the GHG emissions in the road sector is accurately calculated based on the speed of individual vehicles from the existing section average speed. I have the purpose of finding a possible factor. **Method:** A comparative analysis is conducted between the conventional method of the general passage section, the rest area section, the entrance section, and the confluence section of the highway and the speed-based emission calculation method of individual vehicles. **Result:** As a result of analyzing a total of 6 sections of the Gyeongbu Expressway, it was found that the standard deviation of the speed and the congestion of the sections had a great influence. **Conclusion:** When comparing the existing GHG emission calculation method with the speed-based emission calculation method of individual vehicles, it is clear that the speed-based method of individual vehicles is more precise. However, since it is difficult to apply it all over the country, this study compares the existing method with the speed-based method of individual vehicles and presents factors that have a significant difference.

**Keywords:** GHGs Emission, Individual Vehicles Speed, Emission Unit, Emission Influence Factors

## 요약

**연구목적:** 온실가스는 전 세계적인 재난인 지구 온난화의 주요 원인 중 하나이다. 본 연구에서는 도로부문 온실가스 배출량 산정을 기존의 구간평균속도에서 개별차량의 속도기반으로 정밀하게 산정할 때 영향을 주는 우선순위를 판별할 수 있는 요인을 찾아내는 목적을 가진다. **연구방법:** 고속도로의 일반 통행구간, 휴게소 구간, 진입구간, 합류부 구간의 기존 방법과 개별차량의 속도기반 배출량 산정 방법의 비교 분석을 진행한다. **연구결과:** 경부 고속도로의 총 6 구간에 대해 분석을 진행한 결과 속도의 표준편차와 구간의 혼잡이 큰 영향을 주는 결과가 나왔다. **결론:** 기존의 온실가스 배출량 산정 방법과 개별차량의 속도기반 배출량 산정 방법을 비교하면 개별차량의 속도기반 방법이 더 정밀한 것은 확실하다. 하지만 이를 전국에 일괄 적용하기는 어렵기 때문에 본 연구에서는 기존 방법과 개별차량의 속도기반 방법을 비교하여 크게 차이가 나게 영향을 주는 요인을 제시한다.

**핵심용어:** 온실가스 배출량, 개별차량 속도, 배출원단위, 배출량 영향요인

Received | 21 August, 2020

Revised | 21 September, 2020

Accepted | 23 September, 2020

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 any medium, provided the original work is properly cited.

## 연구의 배경 및 목적

지구 온난화는 전 인류의 재앙이고 그 주요 원인 중 하나는 온실가스이다. 온실가스 감축은 전세계의 문제이며 여러 가지 노력들이 이어져 오고 있다. 우리나라는 온실가스 감축에 적극적인 나라 중 하나로 온실가스 감축을 위한 첫 국제 협약부터 교토의정서, 파리협약까지 지금까지 열린 온실가스 감축을 위한 협약에 전부 참여하고 있다. 우리나라는 파리협약 이전에는 온실가스 감축의무국이 아니었으나 2015년 파리협약 결과 개발도상국에서 벗어나 자발적 감축국에 포함되게 되었다. 우리나라는 온실가스 감축 목표를 2030년까지 BAU (Business As Usual) 대비 37%를 낮추기로 하고 범국가적인 정책을 수행하여 온실가스 감축을 위한 실질적인 노력을 하고 있다.

우리나라에서 온실가스를 배출하는 분야는 크게 4가지로 나누어져 있는데 2015년 국가 통계 기준으로 에너지 분야가 대부분인 93%를 배출하고 있고 산업 공정 분야가 8%, 농업 분야가 3.19%, 토지이용 부문이 -6.88%의 배출량을 가지고 있다. 본 연구에서 다루는 도로부문 온실가스 배출량 연구는 수송 부문으로 4가지 분야들 중에서 에너지 부문에 해당한다. 수송 부문은 에너지 분야의 온실가스 배출량 중에서 15.7%를 배출하고 있으며 우리나라의 총 배출량 중 13.6%를 배출하고 있다.

온실가스 감축을 위한 정책 및 법규 등 노력을 실행하기 위해서는 먼저 온실가스 배출량 산정을 진행해야 한다. 이 때 기초가 되는 기존의 배출량 산정의 정확성은 중요한 문제 중 하나이다. 전세계적으로 온실가스 배출량을 산정하는 방법을 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)가 제시한 3단계 가이드라인을 기초로 해서 진행하는 추세이며 우리나라도 그에 해당한다. 하지만 도로부문의 온실가스 산정 방법을 만들 당시 1990년대에는 차량의 Data 수집이 원활하지 못하였고 당시 가용 가능한 Data에 맞춘 온실가스 배출량 산정 방법이 만들어졌다. 때문에 기술의 발달로 Data 수집 수준이 고도화된 현재는 맞지 않는 구식의 방법이라고 볼 수 있기 때문에 새로운 온실가스 배출량 산정 방식이 필요하다. Chang et al.(2019)와 함께 도로부문 온실가스 배출량 산정을 개별차량의 속도에 기반하여 진행하는 연구를 진행하였고 개별차량별로 속도를 배출계수식에 적용하면 좀 더 정밀한 온실가스 배출량 산정을 진행 할 수 있음을 밝혔다. 여기서 기존의 구간 차량의 전체 평균을 이용한 배출량 산정 방법보다 개별차량별 속도를 이용한 산정이 분명히 좀 더 정밀한 산정방법임은 확실하다. 하지만 전 구간의 도로에서 개별차량별 속도를 수집하는 것은 최종적으로 이루어져야 할 발전방향이지만 현재는 불가능하고 차차 이루어나가야 할 과제이다. 본 연구에서는 고속도로의 구간별로 기존의 배출량 산정 방법과 개별차량의 속도를 이용한 산정 방법의 비교를 통해서 마이크로한 Data 수집을 우선시 할 때 좀 더 정밀한 배출량 산정이 이루어질 수 있는데 도움이 될 수 있도록 영향 요인을 분석하였다.

## 선행 연구

도로부문 온실가스에 관련된 연구들을 살펴보면 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 차량의 배출계수식에 관련된 연구다. 온실가스 즉 배출물질들은 차량의 속도에 따라 각각의 배출원단위를 가지며 이 때 배출원단위를 구하기 위한 배출계수식을 실험으로 구하는 연구가 국립환경과학원에서 일정 기간마다 진행된다.

NIER(2008)에서는 차량별로 배출계수식을 산출하는 실험을 진행하였다. 실험은 한국자동차공업협회에서 제공하는 차량별 자동차등록대수 자료를 토대로 시장점유율이 높은 차량모델 중 점유율이 80%이상 되는 차종을 대상으로 시험차량을 선정하여 진행되었고 실험결과를 기반으로 도로이동오염원에 대하여 Tier 1, 2, 3의 목표 온실가스인 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O에 대

한 차종별 속도에 따른 배출계수식을 제시한다.

두 번째로 배출량을 산정하는 연구들이 있다. 이 연구들은 국내외의 배출량 산정 방식을 다루는 연구들과 차량의 상태에 따른 온실가스 배출량 산정 및 기존과 다른 배출량 산정 방법 등의 연구가 있다.

NIER(2013)에서는 차량의 상태에 따른 배출량 산정방법을 자세하게 다루었다. 배출원 분류체계를 엔진 가열, 엔진 미가열, 휘발유 증발 배출로 나누어 분류한 배출량 산정 방법을 다루었으며 시도별 자동차 등록 현황, 천연가스 보급현황, 전국 택시 대수, 자동차 주행거리, 고속도로 구간정보, 배출가스 저감장치 부착현황 등에 대해 다루었다.

Kim et al.(2001)은 서울시를 대상으로 교통의정서의 지구온난화 발생 원인 온실가스를 대상으로 총량적으로 서울시의 온실가스 배출량을 IPCC의 Tier 1 방법을 사용하여 예측하였다.

Hong et al.(2017)는 기존의 배출량 산정 방법에 대해 정리하고 한계점을 제시하였으며 주행속도와 교통량 자료 수집의 필요성을 강조하였다.

Chang et al.(2019)는 개별차량의 속도기반 온실가스 배출량 산정 방법을 통해 기존의 배출량 산정 방법보다 정밀한 배출량 산정을 제시하였다.

Ryu et al.(2012)는 대전광역시의 도시부 첨단교통관리시스템인 ATMS에서 수집되는 교통정보를 이용하여 Tier3 방법을 적용해 링크단위의 온실가스 배출량을 산정하였다.

Rakha et al.(2000)는 Oak Ridge 국립 연구소에서 얻은 데이터를 적용한 교통 시뮬레이션 모델 내에서 차량의 즉각적인 속도와 가속도 데이터를 이용해 연료 소비 및 배출량에 대한 분석을 진행하여 배출량 산정을 진행할 때 도로 구간에서의 정체와 링크에서의 차량 정지 횟수 등을 고려하지 못하는 것에 대한 연구를 진행하였다.

도로부문의 온실가스에 관련된 연구들은 크게 배출계수식과 배출량 산정 두 가지 연구로 대부분 귀결된다. 본 논문에서는 두 번째 경우로 온실가스 배출량 산정에 대하여 다루며, 이전에 Chang et al.(2019)와 함께한 연구 방법을 고속도로의 구간들을 나누어 분석을 진행하여 기존의 방법과 개별차량의 속도기반 방법의 배출량 산정값 차이가 클 때의 요인을 분석한다.

## 방법론

### 문제점 및 개발방향 정립

우리나라는 도로부문 온실가스 배출량 산정을 진행할 때 앞서 언급한 실험을 통해 나온 배출계수식에 구간의 평균속도를 적용하여 차종별 배출원단위를 구하여 거리를 곱해주어 일괄적으로 산정을 진행한다. 이 산정 방법에는 2가지 문제점이 존재한다. 공간적인 문제와 시간적인 문제로 나눌 수 있다.

첫 번째 시간적인 문제로 이전 Chang et al.(2019)와 연구를 진행하면서 다루었던 속도에 따른 배출량의 변화이다. 현재 적용하고 있는 방법에서는 평균속도를 적용하여 배출량 산정을 진행한다. 차량의 평균속도를 이용하면 집계과정에서 개별차량의 속도 특성을 고려하지 못해 배출량 산정을 진행하는데 문제가 생긴다. 차량의 속도는 동질적이지 않기 때문이다. 차량의 속도는 차량별로 제각각이기 때문에 평균속도를 이용하여 배출량 산정을 진행하면 속도가 낮을 때 급격하게 변화하는 차량의 온실가스 배출 특성을 고려하지 못한다. 그렇기에 기존 방법에 따라 온실가스 배출량 산정을 진행하면 과소 및 과대 추정하는 문제가 생긴다.

두 번째 공간적인 문제로 도로부문 배출량 산정을 진행할 때 현재 모든 도로에 대한 Data를 수집하지 못하고 있는 실정이

다. 차량이 지나가는 구간에 검지기가 없는 지역 즉 비포장 도로나 통행이 적은 도로 등에도 차량은 지나가기 때문이다. 때문에 우리나라는 현재 주요 도로의 구간평균속도를 수집하고 주변 도로들을 모두 이 속도에 맞춰 속도를 적용하고 있는 실정이다. 또한 차량의 통행범위에 대한 문제로 차량이 광주광역시 광산구에 등록되어 있다면 이 차량은 광산구 내에서만 통행한 것으로 가정을 하고 주변의 서구 동구 등을 통행하지 않는다고 판단하고 광산구의 속도를 적용하고 배출량 산정을 진행하는 문제가 있다.

본 연구에서는 첫 번째 문제인 시간적인 문제를 해결하기 위해서는 차량의 평균속도를 이용하지 않고 개별차량의 속도를 이용하면 완전히 해결되지는 않지만 좀 더 정밀한 온실가스 배출량 산정 진행이 가능해 진다.

두 번째 문제인 공간적인 문제를 해결하기 위해서는 차량의 이동Data를 수집을 추가로 진행해야 하는데 한 번에 전국에 적용하기 어려운 문제이다. 두 문제를 동시에 고려하여 Data 수집을 순차적으로 진행하려면 그에 대한 기준이 필요하다. 그렇기에 본 연구에서는 고속도로에서의 도로 통행 특성별로 고속도로로의 진입구간, 휴게소 구간, 일반 통행구간, 고속도로간 합류구간으로 나누어 기존의 평균속도를 적용한 배출량 산정과 개별차량의 속도를 이용한 배출량 산정을 진행하여 비교분석을 통해서 영향요인을 파악하려고 한다.

## 배출계수식

본 연구에서 배출량 산정을 진행할 때 국립환경과학원의 실험을 통해 나온 결과를 이용하는데 Table 1과 같다. 우리나라에 등록된 차량의 대부분을 차지하는 연료를 대상으로 온실가스 배출계수식을 나타낸 식들이며 국내 운행되고 있는 차량의 비율은 시간에 따라 변하기 때문에 몇 년 단위로 실험을 실시해 새로운 배출계수식을 산출해낸다. 본 연구에서는 자료의 한 계로 분류가 가능한 승용차, 버스, 트럭 3가지 차종으로 분류하여 온실가스 배출량 산정을 진행한다. 배출계수식에 차량의 속도를 넣어 계산 하는 방식으로 다음과 같이 산정을 진행한다.

**Table 1.** Emission Factor for Vehicle type

Vehicle type		Component	Speed	Emission factor
Car	Car (gasoline)	CO <sub>2</sub>	79.6km/h 미만	$y = 900.6x^{(-0.54)}$
			79.6km/h 이상	$y = 1.493x - 26.28$
Bus	City Bus (CNG)	CO <sub>2</sub>	-	$y = 6338x^{(-0.63)}$
Truck	Pick-up (Diesel)	CO <sub>2</sub>	65.4km/h 미만	$y = 932.6x^{(-0.4626)}$
			65.4km/h 이상	$y = 1.2158x^{(1.1317)}$

## 휴게소 이용차량 판별 방법론

분석 구간의 검지기는 휴게소를 사이에 두고 설치되어 있기에 검지기의 정보만으로는 휴게소 이용차량을 판별하는게 불가능하다. 이에 휴게소에서 주차 후 화장실만을 이용하는데 5분의 시간이 소요된다고 가정을 하고 판별을 시작한다. 고속도로 구간이므로 식(1)과 같이 차량의 속도가 80km/h를 최저속도로 보고 차량의 통행시간이 해당속도로 구간을 통과할 시간과 휴게소 이용시간 5분(300초)을 합한 값을 넘어가게 되면 휴게소 이용차량으로 판단한다.

$$\text{If } Car_{nt} > \frac{distance}{80} \times 3,600 + 300 \text{ then} \tag{1}$$

$Car_n = \text{rest area vehicles}$

**기존의 배출량 산정 방법과 개별차량 속도기반 배출량 산정 방법을 통한 구간별 비교**

배출량 산정을 진행할 때 우선 DSRC Data를 이용하기 때문에 식(2)과 같이 해당 자료에서 차량이 해당구간 검지기를 나간 시간에서 해당 구간에 진입한 시간을 뺀 값을 거리로 나누어 구간 통행속도를 구한다.

$$v_n = \frac{distance}{seq_{nout} - seq_{nin}} \times 3600 \tag{2}$$

기준에 도로부문 온실가스 배출량 산정에서는 식(3),식(4)와 같이 단순하게 해당구간을 통과한 모든 차량의 일평균속도를 구한 후 배출계수식에 적용하여 배출원단위를 산출한다. 산출된 배출원단위에 구간거리와 차량의 대수를 곱해주는 것으로 배출량 산정을 마무리한다.

$$S_j = \frac{n}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} + \dots + \frac{1}{v_{n-1}} + \frac{1}{v_n}} \tag{3}$$

$$e_{v_s} \times n \times d_j = \text{Total vehicles Emission(existing) of the j interval} \tag{4}$$

도로부문의 온실가스 배출량을 산정하기 위해서 식(5)과 같이 개별차량별로 속도를 배출계수식에 적용하여 차량별 배출원단위의 DB를 구축한다. 산정된 개별차량의 배출원단위에 식(6)과 같이 구간거리를 곱하여 구간의 온실가스 배출량 산정을 진행한다. 다음 방법에 따라 온실가스 배출량 산정을 진행하게 되면 기존 배출량 산정 구간의 평균속도가 임계속도와 비슷할 때 배출량을 고려하지 못하는 문제를 고려한 산정이 가능하게 된다.

$$\sum_{i=1}^n e_{v_i} / n = \text{GHGs Emission Unit} \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^n e_{v_i} \times d_j = \text{Total vehicles Emissions of the j interval} \tag{6}$$

$$\text{Total vehicles Emissions of the j interval} / \text{Total vehicles Emission(existing) of the j interval} \tag{7}$$

산정된 기존 방법의 배출량과 개별차량 속도기반 배출량 산정 방법에 대해 구간의 통행량, 통행속도, 표준편차 등 영향을

주는 요인들에 대한 비교 분석을 진행한다.

## 적용 결과

본 연구에서는 온실가스 배출량 산정 및 특성 분석 진행을 위해 고속도로에서는 구간검지 시스템을 운영 중인 한국도로공사(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 6월 16일부터 2015년 6월 22일까지 1주일간의 자료를 사용하였다. 공간적 범위로는 고속도로 노선 중 경부고속도로를 대상으로 진행하였다. 분석 구간은 고속도로로 진입구간, 영동고속도로에서 경부고속도로로 합류하는 구간 일반적인 고속도로 통행구간, 휴게소 구간을 선택해 진행하였다.

방법론에 따라 분석을 진행한 결과 휴게소 구간은 Table 2와 같이 나왔는데 휴게소를 방문하는 차량을 제외한 결과를 보면 속도의 편차가 크게 나오지 않았으며 기존 방법에 비해서 개별차량 속도기반 배출량 산정 방법이 1%~3% 과대 추정되거나 과소 추정되었다.

**Table 2.** Rest area section result

Day	Tue	Wed	Thu	Feb	Sat	Sum	Mon
Date	0616	0617	0618	0619	0620	0621	0622
Average Speed (km/h)	55.07	52.94	53.76	53.72	55.27	59.61	65.09
Existing Method Emission (g)	5117542	5241879	5130562	5796035	5446200	4974211	5552497
Based on Individual Vehicles Speed Method Emmission (g)	5099561	5227133	5128105	5763025	5420912	4980826	5547213
Speed Standard Deviation	8.916626	10.23847	10.14079	8.890768	8.30008	7.438199	10.88302

일반적인 고속도로 통행 구간의 경우 Table 3와 같이 나왔는데 휴게소 구간보다 오히려 더 큰 속도편차를 가졌고 기존 방법이 개별차량 속도기반 방법보다 1%~13% 과대 추정되고 있었다.

**Table 3.** General passage section

Day	Tue	Wed	Thu	Feb	Sat	Sum	Mon
Date	0616	0617	0618	0619	0620	0621	0622
Average Speed (km/h)	83.10409	83.02229	83.5644	76.28315	91.38457	91.18422	84.96481
Existing Method Emission (g)	6357489	6350662	6208310	6536835	6044829	6050255	6333140
Based on Individual Vehicles Speed Method Emmission (g)	5655457	5606275	5499203	5703267	5577599	5656345	5684192
Speed Standard Deviation	14.97049	14.61667	13.14338	16.43345	19.7416	13.73197	13.9057

고속도로 진입구간의 분석결과는 Table 4와 같이 나오는데 차가 막히는 날(금요일)에는 다른 6일의 1%~5% 과소 추정되

는 결과와 다르게 15% 과대 추정되는 결과로 분석되었다.

**Table 4.** The entrance section

Day	Tue	Wed	Thu	Feb	Sat	Sum	Mon
Date	0616	0617	0618	0619	0620	0621	0622
Average Speed (km/h)	117.2199	82.27428	82.70118	75.42519	84.09073	90.48438	84.12727
Existing Method Emission (g)	6613573	5624873	5455215	4357773	5351619	5462992	5627918
Based on Individual Vehicles Speed Method Emmision (g)	6420381	5003107	4871147	5035162	4802347	5128615	5077586
Speed Standard Deviation	17.9579	12.54032	10.32562	14.94441	12.6146	11.63109	11.94606

고속도로와 고속도로간의 합류부 분석결과는 Table 5와 같이 나왔는데 속도의 편차가 크게 나왔고 배출량 비교결과 3%에서 7% 과대 추정되고 있는 결과로 분석되었다.

**Table 5.** Highway confluence section

Day	Tue	Wed	Thu	Feb	Sat	Sum	Mon
Date	0616	0617	0618	0619	0620	0621	0622
Average Speed (km/h)	92.69908	88.84149	92.0038	89.11158	88.36098	100.58	80.66659
Existing Method Emission (g)	6164746	6070929	5944172	6557856	6053062	6072883	5939861
Based on Individual Vehicles Speed Method Emmision (g)	5997729	5868788	5718660	6145874	5918108	6045810	6057758
Speed Standard Deviation	16.15098	20.00297	16.44288	16.09687	22.47732	13.88181	27.82726

## 결론

지구온난화에 대응해 국제협약에 참여하고 온실가스를 감축하기로 한 우리나라는 여러 가지 온실가스 감축정책을 펼치고 있는데 정책을 펼칠 때 정밀한 온실가스 배출량 측정을 하는게 중요하다. 하지만 기존에 배출량 산정에 쓰이고 있는 도로 부문에서의 온실가스 배출량 산정모형은 2000년 이전에 주로 개발되었다. 때문에 개발할 때 당시의 가용자료 여건에 맞춰 개발되었기 때문에 기술 수준에 맞는 배출량 산정 모형의 개선이 필요하다. 오늘날 기술의 발전으로 차량의 Data 수집이 원활하게 이루어지고 있지만 국토 전체의 도로에 대한 Data를 수집하는 것은 어렵다. 본 연구에서는 그 점을 염두에 두고 고속도로를 일반 통행구간, 고속도로 진입구간, 고속도로간 합류구간, 휴게소 구간으로 나누어 분석을 진행하였다. 온실가스 배출량을 정밀하게 측정하기 위해 개별차량 속도기반 방법과 기존 방법과의 비교를 통해 배출량 산정을 진행할 때 어떠한 변수가 큰 영향을 미치는지에 대한 분석을 진행하였다.

본 연구에서는 경부 고속도로의 6개 구간에 대해 분석을 진행하였는데 이전의 연구와는 다르게 대부분의 구간에서 개별 차량의 속도기반으로 배출량 산정을 진행할 때 기존에 과대 추정되고 있다는 결과로 분석되었다.

본 연구에서 분석한 고속도로의 구간들에 대해서는 다음과 같은 결과가 나왔다. 일반 통행 구간의 경우 두 구간을 분석했는데

속도의 편차가 적은 곳에서는 비슷한 결과가 나왔고 큰 곳에서는 차이가 10% 이상 벌어지는 결과가 나왔다. 휴게소 구간의 경우에는 휴게소 방문차량을 제외하고 분석을 진행하니 오히려 평균속도가 낮은 경우와 큰 경우 모두 속도의 편차가 적게 나왔고 배출량의 차이가 거의 없는 결과가 나왔다. 진입구간의 경우 하루를 제외하고 1%~5% 과소 추정된 차이가 거의 없는 결과가 나왔지만 다른 날들보다 통행차량이 10% 더 많은 혼잡이 있던 하루는 15% 과대 추정된 결과가 나왔다. 고속도로 합류부의 경우 속도의 편차가 크나 다른 구역과는 다르게 배출량의 비교결과가 3%~7% 과대 추정되고 있는 미미한 결과가 나왔는데 합류구간이 도로가 나누어져있어 서로의 통행속도에 영향을 미치지 못해 혼잡이 발생하지 않아서 이러한 결과가 나온 것으로 판단된다.

분석된 결과들을 종합해보면 고속도로 구간에서 개별차량 속도기반 배출량 산정 방법과 기존의 배출량 산정 방법을 비교해보면 차량의 평균속도 차이도 영향을 미치나 속도의 표준편차에 비해 적은 영향을 끼치고 혼잡이 발생하면 더 많은 영향을 주는 결과가 나왔다. 그렇기에 기존의 배출량 산정 방법을 개선해 나간다면 차량의 속도 편차가 큰 구간과 혼잡이 잦은 구간을 우선적으로 적용한다면 도로부문 온실가스 배출량 산정의 정확도가 올라갈 것으로 전망된다.

본 연구의 한계점으로 국립환경과학원의 배출계수식을 적용할 때 자료의 한계로 승용차와, 버스, 트럭 3가지 종류의 차량으로 밖에 분류를 하지 못하고 배출량 산정을 진행한 것이 있다. 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 배출계수식의 임계속도에 근접하게 나온 것을 확인 할 수 있다. 이에 도심부를 대상으로 한 개별 차량의 속도기준으로 배출량을 분석하는 연구가 필요하다고 판단된다.

## Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업의 연구비지원(20TLRP-B148682-03)에 의해 수행되었습니다.

## References

- [1] Chang, H.H., Choi, S.H., Yoon, B.J. (2019). "GHGs emissions based on individual vehicles speed." Journal of the Korea Society of Disaster Information, Vol. 15, No. 4, pp. 560-569.
- [2] Hong, D. H., Jang, D. I., Lee, S. J., Kim, S. I., Park, J.Y.(2017) Study on Air Pollutant Emission Estimation Method in Transportation Section, National Institute of Environmental Research, Korea.
- [3] Kim, Y.S., Chang, J.H. (2001). A Study on the Role of Seoul City Government implementing the UN Framework Convention Climate Change. Seoul Development Institute. 2001-R-12, Korea.
- [4] National Institute of Environmental Research (NIER) (2008). Establishment of Climate Change responding System for Transportation Sector ( I ). Nier 11-1480523-000361-01, Korea.
- [5] National Institute of Environmental Research (NIER) (2013). CAPSS Model National Air Pollutant Emission Estimation Manual. Nier-GP2013-097, Korea.
- [6] Rakha, H., Aerde. M.V., Ahn. K., Trani. A.A.(2000), Requirements for evaluating traffic signal control impacts on energyand emissions based on instantaneous speed and acceleration measurements. Transportation Research Record, no.1738, pp.56-67.
- [7] Ryu, B.Y., Bae, S.H. (2012). "Estimation of greenhouse gas in the urban area by using advanced traffic management systems - Case study of Daejeon." Journal of Transport Research, Vol. 19, No. 3, pp. 119-134.