

# 차량 운행제한 지역 설정을 위한 화물자동차 통행요인 분석

한진석

한국환경정책·평가연구원 대기환경연구실

## A Study of the Travel Factors of Truck for the Low Emission Zone

Jin-Seok Hahn

Division of Atmospheric Environment, Korea Environment Institute

**요약** 본 연구는 수송부문에서 오염물질 배출 비중이 큰 화물차의 통행량에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 다중회귀모형을 추정하였으며, 모형 추정 결과 지역별 인구수, 도시지역 면적, GDP, 업종별(농업, 임업 및 어업, 광업, 제조업, 도매 및 소매업) 사업체수 등이 주요 변수로 검토되었다. 이러한 변수는 화물차 특성(업종, 톤급)에 따라 상이하게 나타나므로 차량 운행제한 등 관련 정책 추진 시에는 지역별 화물차 특성에 따른 통행량을 충분히 고려해야 할 필요가 있다. 특히 물류터미널 등 화물차 통행량이 많은 물류거점이 위치하지 않은 지역에 대해서는 화물차 통행에 영향을 미치는 지역별 요인을 고려하여 차량 운행제한 대상 지역을 검토해야 할 필요가 있다. 특히 본 연구의 결과에서 제시된 바와 같이 화물차 통행량과 지역 내 인구수는 양의 상관관계를 가지기 때문에 인구밀집지역에서는 화물차를 포함한 차량 운행제한 검토가 필요하다. 본 연구 결과의 신뢰도를 높이기 위해서는 실제 통행량 자료를 기반으로 다중회귀모형 외 다양한 모형 추정을 통하여 추정 결과에 대한 오차를 줄여야 할 필요가 있다.

**Abstract** This study examined how the emissions of pollutants affect the volume of traffic of freight vehicles in the transport sector. Multiple regression analysis was conducted considering several variables, including population by region, area of urban district, GDP, and the number of businesses by industry, e.g., agriculture, forestry, fishery, manufacturing, wholesale, and retail. These variables differ according to the characteristics of the freight vehicles (industry, by the ton). Therefore, it is essential to fully consider the volume of traffic of the specific freight vehicles by region before implementing relevant programs and policies, such as specific restrictions on the operation of vehicles. Some specific areas, in which logistic centers are located have heavy freight traffic, and these centers deserve extra consideration. Thus, in this study, different regional factors that affect the traffic of freight vehicles should be considered before determining the areas that will be subject to restrictions on the operation of these vehicles.

**Keywords** : Truck, Pollutant, Travel Factors, Low Emission Zone, Multiple Regression Model

### 1. 서론

국내 오염물질 저감을 위한 대책으로 「미세먼지 관리 종합계획(2020~2024)」, 「2050 탄소중립」 추진전략 등

이 활발하게 추진되고 있다. 수송부문에서는 전기·수소차 등의 친환경차 보급과 노후 경유차 저공해 조치(조기폐차 포함)가 주요 대책으로 거론되고 있으며, 친환경차 보급은 환경개선 및 소상공인 지원효과가 큰 상용차를 집

본 논문은 한국환경정책·평가연구원의 2019년도 기본과제 「육상화물운송수단의 미세먼지 및 온실가스 저감 방안 연구(RE2019-04)」의 지원으로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Jin-Seok Hahn(Korea Environment Institute)

email: jshahn@kei.re.kr

Received February 16, 2021

Accepted June 4, 2021

Revised April 12, 2021

Published June 30, 2021

중 지원할 계획이다[1]. 다만 화물차의 경우 소형 톤급은 전기차로, 중·대형 톤급은 수소차로 보급할 계획이나, 수소 화물차의 출시 시점이 2021년 이후로 예정되어 있어 전기·수소 화물차의 시장 형성은 다소 시간일 걸릴 것으로 예상된다[2].

노후 경유차 저공해 조치는 2004년부터 추진된 운행차 배출가스 저감사업을 중심으로 진행되고 있으며, 최근 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법(이하 대기관리권역법)」의 수도권 LEZ 제도, 「지속가능 교통물류 발전법(이하 지속가능교통법)」의 서울시 한양도성 녹색교통지역 운행제한 제도, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법(이하 미세먼지법)」의 고농도 미세먼지 비상저감조치 등의 차량 운행제한 제도가 활성화됨에 따라 저감사업 실적이 증가하는 추세이다.

국내 수송부문 초미세먼지 및 온실가스 배출량 중 화물차의 배출 비중은 각각 68.8%, 39.2%로 높으며 화물차의 대당 배출 기여도는 타 수단보다 높아 수송부문 오염물질 저감을 위해서는 화물차 관리에 집중해야 할 필요가 있다[3]. 그러나 화물차는 친환경차 시장이 초기 단계이고, 연료비, 출력 등의 요인으로 휘발유 등 타 연료로의 전환이 쉽지 않다. 이러한 한계로 단기적으로는 차량 운행제한 제도를 활용하여 운행 화물차의 저공해 조치를 확대해야 할 필요가 있다.

2020년 4월 3일부터 「대기관리권역법」이 시행됨에 따라 수도권 외 중부권, 동남권, 남부권 대기관리권역에서도 경유차의 운행 제한이 가능하며, 차량 운행제한 제도의 실효성을 높이기 위해서는 오염물질 배출 비중이 높은 차종의 통행량이 많은 지역을 우선 고려해야 할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 다중회귀모형을 기반으로 수송부문 중 오염물질 배출 비중이 큰 화물차의 통행요인을 분석하고, 이를 토대로 차량 운행제한 대상 지역 검토에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

## 2. 선행연구

화물차 통행요인과 관련된 국내·외 선행연구는 다음과 같다. 국내의 경우 Kim et al[4]도 다항로짓모형 기반의 화물차 도착지선택모형을 추정하였으며, 해당 모형에서 통행거리, 종사자 수, 산업단지 여부가 주요한 도착지 선택요인으로 제시되었다. Hahn et al[5]은 대도시 화물차를 대상으로 활동발생모형, 도착지선택모형, 통행사슬행태모형을 추정하였으며, 활동발생모형과 도착지선택모형

에서는 서비스업 사업체수가, 통행사슬행태모형에서는 도소매업체와 음식료품이 화물차 통행에 주요한 요인으로 분석되었다.

Hahn and Park[6]은 지역적 범위에 따른 화물차 공차통행에 영향을 미치는 요인을 분석하였으며, Hahn and Park[7]은 지역적 범위에 따른 화물차 통행발생 특성을 비교하였다. Kim[8]은 택배화물차의 통행행태를 분석하였으며, 도착지선택모형에서는 통행거리, 인구수, 대규모 주거시설 유무가 유의미한 변수로 선정되었다.

국외의 경우도 화물차 업종별 톤급별 통행특성을 분석한 연구가 대부분으로 화물차 통행에 통행사슬 개념을 적용하여 최초 출발지부터 최종 도착지까지의 통행특성을 분석한 사례([9-11]), 화물차 적재 또는 공차통행 발생에 영향을 미치는 요인을 분석한 사례([12-17]), 화물차 도착지 선택요인을 분석한 사례([18,19]) 등이 검토되었으며, 최근에는 화물차 통행발생 모형을 정교화하는 연구([20-23])가 주로 검토되었다.

이상의 선행연구를 검토한 결과 대부분의 연구에서 화물차의 통행특성을 분석하였으며, 주요 분석 결과로 화물차의 통행특성은 업종별 톤급별 지역별로 차이가 존재함을 제시하였다. 한편, 국내 연구에서도 화물차 도착지선택모형 추정 등의 연구 사례가 있으나 업종 등 세부 구분은 고려되지 않은 한계가 있다. 또한 최근 자료 및 통계를 반영한 국내 연구 사례가 없다는 점에서 차량 운행제한 관련 정책 수립을 위한 학술적 기초연구가 필요한 것으로 판단된다.

## 3. 화물자동차 통행요인 분석

### 3.1 기초 자료

본 연구에서는 화물자동차 통행요인 분석을 위하여 한국교통연구원 국가교통DB센터의 2017년 기준 화물자동차통행실태조사 자료를 활용하였다[24]. 해당 조사는 전국의 화물자동차실태를 차량 단위로 분석하기 위하여 하루 동안에 통행한 화물차의 통행일지를 파악하는 설문조사이다. 조사방법은 화물차 운전자를 대상으로 하는 면접조사이며, 해당 조사의 주요 설문항목은 Table 1과 같다. 본 연구에서는 해당 조사에서 조사된 51,738대(국내 화물차 등록대수의 약 1.5% 수준)를 활용하였으며, 차량 특성별 표본수는 Table 2와 같다.

Table 1. Survey Items

Items	Contents
Origin Attributes	Origin Zone, Zone Type, Departure Time
Destination Attributes	Destination Zone, Zone Type, Arrival Time
Commodity Attributes	Commodity Number, Capacity Tonnage
Travel Attributes	Travel Distance

Table 2. Number of Samples

Type of business		Weight		Year	
For-hire	25,674	Light (>2.5ton)	21,578	≤2007	12,257
		Medium (≤2.5ton, >8.5ton)	14,950	2008~2010	10,042
Private	26,064	Heavy (≤8.5ton)	15,210	2011~2014	18,154
				≥2015	10,166

### 3.2 모형 추정

다중회귀모형은 회귀모형에 두 개 이상의 독립변수들을 포함하고 있는 모형을 의미하며, 종속변수  $Y$ 와  $k$ 개의 독립변수  $X_1, X_2, \dots, X_k$ 와의 관계를 모수  $\beta_0$ 와  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ 의 선형함수의 형태로 고려하는 다중선형회귀모형은 Eq. (1)과 같다. 다중회귀모형에서 회귀계수  $\beta_1$ 은 모형에 포함되어 있는 다른 독립변수들이 일정할 때  $X_1$ 이 1단위 변화하는데 따른  $Y$ 의 변화량을 의미한다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \epsilon_i \quad (1)$$

본 연구에서는 전국 229개 지자체를 대상으로 화물차 진·출입 통행수를 종속변수로, 화물차 통행에 영향을 미칠 것으로 예상되는 지자체별 특성(인구수, 업종별 사업체수 등)을 독립변수로 설정하여 다중회귀모형을 추정하였다. 변수에 대한 세부 내용은 Table 3과 같다.

Table 3. Variable

Variable	Description
Dependent	No. of total trip
Independent	No. of population(var1)

% of single person household(var2)
% of elderly population(var3)
Surface of urban area(var4)
GDP(var5)
No. of agricultural, forestry and fisheries businesses(var6)
No. of mining businesses(var7)
No. of manufacturing businesses(var8)
No. of businesses supplying electricity, gas, steam and air conditioning(var9)
No. of water, sewage and waste disposal, raw material regeneration businesses(var10)
No. of construction businesses(var11)
No. of wholesale and retail businesses(var12)
No. of transportation and warehouse businesses(var13)
No. of accommodation and restaurant businesses(var14)
No. of information and communication businesses(var15)
No. of financial and insurance businesses(var16)
No. of real estate businesses(var17)
No. of professional, scientific and technical service providers(var18)
No. of businesses in the business facility management, project support, and rental service businesses(var19)
No. of public administration, defense and social security administrative entities(var20)
No. of educational Services Businesses(var21)
No. of health and social welfare service businesses(var22)
No. of service businesses related to arts, sports and leisure(var23)

#### 3.2.1 상관분석

다중회귀모형에서 고려하는 독립변수의 수가 많기 때문에 모형 추정 전 상관분석을 통하여 유의미한 독립변수를 추출하고자 한다. 본 연구에서는 피어슨 상관계수 ( $r$ )를 이용하여 독립변수 간 상관성을 검토하였으며,  $r$ 의 통계적 수식은 Eq. (2)와 같다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)s_X s_Y} \quad (2)$$

Where,  $n$  denotes sample size,  $s_X$  denotes standard deviation of  $X$ ,  $s_Y$  denotes standard deviation of  $Y$

상관분석 결과는 Table 4와 같으며, 본 연구에서는 유의수준 5% 하에서 상관계수가 0.8 이상인 변수들은 상관성이 높다고 판단하여 총 10개 변수를 제외하였다. 이에 따라 다중회귀모형은 총 13개 독립변수를 토대로 추정하였다.

Table 4. Statistical Result of the Correlation Analysis

Included Variable	Excluded Variable (Correlation Coefficient more than 0.8)
var1	var11, var13, var14, var17, var21, var22, var23
var2	-
var3	-
var4	-
var5	var19
var6	-
var7	-
var8	-
var9	-
var10	-
var12	var11, var14, var16, var17, var19, var22, var23
var15	var18
var20	-

### 3.2.2 전체 모형

전국 229개 지자체별 화물차 진출입 통행수(종속변수) 및 화물차 통행요인(독립변수)에 대한 다중회귀모형 추정 결과는 Table 5~Table 10과 같으며, 변수 간 설명력 비교를 위하여 추정된 변수의 계수를 Eq. (3)과 같이 표준화 계수로 변환하였다.

$$B = B_1 \frac{S_X}{S_Y} \quad (3)$$

Where,  $B$  denotes standardized coefficient,  $B_1$  denotes non-standardized coefficient,  $s_X$  denotes standard deviation of  $X$ ,  $s_Y$  denotes standard deviation of  $Y$

모형에 포함된 독립변수는 모두 유의수준 5% 하에서 유의하게 나타났으며, 모든 독립변수는 양(+)의 부호를 나타내 직관과 부합하는 결과를 보인다. 화물차의 통행을 유발하는 요인은 해당 지역의 인구수, 도시지역 면적, GDP, 사업체수(농업, 임업 및 어업, 광업, 제조업, 도매 및 소매업)로 나타났으며, 해당 요인의 영향력은 도매 및 소매업 사업체수, 제조업 사업체수, 인구수, 도시지역 면적 등의 순으로 나타났다.

Table 5. Estimation Result for Total Sample

Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	t-value	p-value
Constant	253.819	-	3.651	0.000
var1	0.016	3.660	2.944	0.004
var4	0.000	2.163	7.763	0.000
var5	0.000	1.684	2.013	0.014
var6	3.673	0.079	3.895	0.000
var7	1.417	0.076	8.044	0.018
var8	1.863	4.535	3.737	0.000
var12	1.445	6.502	7.088	0.024

No. of sample=229,  $R^2=0.613$ , adjusted  $R^2=0.601$

### 3.2.3 시장 분할 모형(업종 구분)

모형에 포함된 독립변수는 모두 유의수준 5% 하에서 유의하게 나타났으며, 모든 독립변수는 양(+)의 부호를 나타내 직관과 부합하는 결과를 보인다. 영업용 화물차의 통행에 영향을 미치는 요인과 요인별 영향력은 전체 모형과 동일하게 나타났으며, 비영업용 화물차의 경우는 도매 및 소매업 사업체수, 인구수, 도시지역 면적만이 유의미한 변수로 추정되었다.

Table 6. Estimation Result for For-hire Sample

Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	t-value	p-value
Constant	106.322	-	2.496	0.013
var1	0.005	3.293	1.921	0.028
var4	0.000	2.193	8.025	0.000
var5	0.000	1.213	2.959	0.003
var6	2.460	0.090	4.858	0.031
var7	1.212	0.112	3.432	0.037
var8	1.016	4.233	4.066	0.000
var12	0.736	5.670	4.203	0.005

No. of sample=229,  $R^2=0.582$ , adjusted  $R^2=0.568$

Table 7. Estimation Result for Private Sample

Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	t-value	p-value
var1	0.010	4.414	3.281	0.001
var4	0.000	2.280	7.881	0.000
var12	0.653	5.984	2.421	0.016

No. of sample=229,  $R^2=0.799$ , adjusted  $R^2=0.795$

### 3.2.4 시장 분할 모형(톤급 구분)

모형에 포함된 독립변수는 모두 유의수준 5% 하에서 유의하게 나타났으며, 모든 독립변수는 양(+)의 부호를 나타내 직관과 부합하는 결과를 보인다. 소형 톤급의 화물차는 해당 지역의 도매 및 소매업 사업체수, 인구수, 1인가구 비율, 도시지역 면적이, 중형 톤급의 화물차는 해당 지역의 제조업 사업체수, 도매 및 소매업 사업체수, 인구수, 도시지역 면적, 농업, 임업 및 어업 사업체수가, 대형 톤급의 화물차는 해당 지역의 제조업 사업체수, 도시지역 면적, 광업 사업체수, GDP, 농업, 임업 및 어업 사업체수, 도매 및 소매업 사업체수가 각각 유의미한 변수로 추정되었다.

Table 8. Estimation Result for light

Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	t-value	p-value
var1	0.005	2.754	4.931	0.000
var2	128.353	1.701	5.098	0.000
var4	0.000	1.024	5.511	0.000
var12	0.371	4.275	3.986	0.000

No. of sample=229,  $R^2=0.840$ , adjusted  $R^2=0.837$

Table 9. Estimation Result for Medium

Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	t-value	p-value
var1	0.003	2.144	4.720	0.000
var4	0.000	1.089	5.948	0.000
var6	16.601	1.043	8.320	0.000
var8	0.413	2.946	5.484	0.000
var12	0.210	2.767	5.524	0.029

No. of sample=229,  $R^2=0.821$ , adjusted  $R^2=0.817$

Table 10. Estimation Result for Heavy

Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	t-value	p-value
Constant	80.94881	-	2.684	0.008
var4	0.000	1.864	9.060	0.000
var5	0.000	1.201	3.690	0.000
var6	18.385	1.041	6.512	0.041
var7	11.263	1.602	3.249	0.046
var8	0.555	3.562	2.335	0.020
var12	0.085	1.012	2.560	0.011

No. of sample=229,  $R^2=0.590$ , adjusted  $R^2=0.573$

### 3.2.5 시사점

모형 추정 결과 화물차 통행요인은 지역별 인구수, 도시지역 면적, GDP, 업종별(농업, 임업 및 어업, 광업, 제조업, 도매 및 소매업) 사업체수로 나타났으며, 이러한 요인은 화물차 업종별 톤급별로 상이하게 나타난다. 비영업용 화물차의 경우 소형 톤급의 비중이 약 80% 수준으로 적재 능력이 크지 않으며, 이에 따라 도매 및 소매업 사업체수가 유의미하게 추정된 것으로 판단된다.

또한 소형 톤급의 경우 타 모형과 달리 1인가구 비율이 유의미하게 추정되었으며, 이는 소형 톤급의 통행수준 영업용 화물차(택배 등)의 통행수 비중이 높기 때문으로 판단된다. 중형 및 대형 톤급으로 갈수록 통행에 영향을 미치는 사업체수 변수가 증가하며, 이는 차량의 적재 능력에 따라 적재 가능한 화물 품목이 늘어나기 때문으로 판단된다.

초미세먼지, 질소산화물 등 주요 대기오염물질은 연식이 오래된 차량일수록 많이 배출되는 특성을 보인다[25]. 따라서 노후 화물차의 오염물질 저감을 위해서는 화물차 진·출입 통행량이 많은 지점을 중심으로 차량 운행제한 및 저공해조치 활성화가 필요하며, 대표적인 지점으로는 국토교통부의 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률(이하 물류시설법)」에 따른 물류터미널(내륙물류기지 등) 및 물류단지, 해양수산부의 「항만법」에 따른 항만배후단지 등이 해당된다.

즉, 해당 물류거점이 위치하는 지역은 기본적으로 차량 운행제한 대상 지역에 포함하되, 인근 지역 및 도심지에 대해서는 본 연구의 분석 결과와 같이 화물차 통행에 영향을 미치는 지역별 요인들을 고려하여 차량 운행제한 대상 지역을 검토해야 할 필요가 있다. 또한 화물차 통행량은 동일 지역이라도 화물차 특성(업종, 톤급)에 따라 차이가 있기 때문에 차량 운행제한 대상 지역 검토 및 제도 운영 시 화물차를 업종별 톤급별로 세분화하여 고려하는 방안도 검토가 필요할 것으로 판단된다.

## 4. 결론 및 시사점

본 연구에서는 수송부문에서 오염물질 배출 비중이 큰 화물차의 통행량에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 다중회귀모형을 추정하였으며, 모형 추정 결과 지역별 인구수, 도시지역 면적, GDP, 업종별(농업, 임업 및 어업, 광업, 제조업, 도매 및 소매업) 사업체수 등이 주요 변

수로 검토되었다. 또한 이러한 변수는 화물차 특성(업종, 톤급)에 따라 상이하게 나타나므로 차량 운행제한 등 관련 정책 추진 시에는 지역별 화물차 특성에 따른 통행량을 충분히 고려해야 할 필요가 있다.

앞서 제시한 바와 같이 화물차는 친환경차로의 전환이 단계적으로 이루어지기는 어렵기 때문에 저공해조치와 병행해야 할 필요가 있다. 또한 국내 저공해조치 사업은 차량 운행제한 제도와 연계되어 있으므로, 화물차 저공해조치 활성화를 위해서는 차량 운행제한 제도에서 화물차 통행량이 많은 지역을 고려해야 할 필요가 있다.

물류거점 등이 위치하지 않은 지역에 대해서는 화물차 통행에 영향을 미치는 지역별 요인을 고려하여 차량 운행제한 대상 지역을 검토해야 할 필요가 있다. 특히 본 연구의 결과에서 제시된 바와 같이 화물차 통행량과 지역 내 인구수는 양의 상관관계를 가지기 때문에 인구밀집지역에서는 화물차를 포함한 차량 운행제한 검토가 필요하다.

한편 본 연구에서 활용한 화물자동차통행실태조사 자료는 모집단 자료가 아니기 때문에 대표성은 가질 수 있으나 신뢰성에서는 한계가 존재한다. 이러한 문제를 개선하기 위해서는 실제 통행량 자료를 적극 활용해야 하며, 화물차에 대해서는 우선 영업용 화물차의 전자식 운행기록장치(DTG: Digital Tachograph) 자료 활용이 가능하다. 이처럼 현재 추정치 비중이 큰 화물차 통행량에 대해서 실측치 비중을 점차 늘린다면 차량 운행제한 등 관련 정책 수립에도 기여도가 클 것으로 예상된다.

반면 비영업용 화물차의 경우 통행량에 대한 실측치 자료가 없기 때문에 통행량과 통행요인 모두 추정치에 대한 비중이 클 수밖에 없다. 이러한 추정치의 정확도를 높이기 위해서는 관련 연구가 지속적으로 진행되어야 할 필요가 있으며, 특히 통행요인에 대해서는 다중회귀모형의 다양한 모형 추정을 통하여 추정 결과에 대한 오차를 줄여야 할 필요가 있다.

## References

- [1] Ministries, "Future Automotive Expansion and Market Preoccupation Strategies", 2020.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, "2019 Automotive Registration Data Statistics", 2020.
- [3] J. S. Hahn, S. M. Lee, Y. M. Chung, M. C. Park, S. H. Kim, Research on the Reduction of PM and GHG from Ground Freight Transportation, Korea Environment Institute, Korea.
- [4] H. S. Kim, D. J. Park, C. S. Kim, K. D. Lee, K. S. Kim, "Destination Choice Modeling for Freight Trip Distribution in Seoul Metropolitan", *The Korea Spatial Planning Review*, Vol.64, pp.167-183, 2010. DOI: <https://doi.org/10.15793/kspr.2010.64..010>
- [5] J. S. Hahn, M. C. Park, H. M. Sung, H. B. Kim, "A Study on the Characteristics of Urban Truck Movement for the Truck based Urban Freight Demand Model", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.30, No.3, pp.107-118, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7470/jkst.2012.30.3.107>
- [6] J. S. Hahn, M. C. Park, "A Study on the Factors Concerning Empty Truck Movements", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.3, No.6, pp.47-57, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7470/jkst.2012.30.6.047>
- [7] J. S. Hahn, M. C. Park, "The Comparison between Regional and Urban Truck Movement Characteristics", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol.33, No.4, pp.1559-1569, 2013. DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2013.33.4.1559>
- [8] S. J. Kim, *A Study on Tour-Based Travel Demand Model of Parcel Service Truck*, Master's thesis, Graduate School of The University of Seoul.
- [9] Holguin-Veras J., Thorson E., "Practical Implications of Modeling Commercial Vehicle Empty Trips", *Transportation Research Record*, Vol.1833, pp.87-94, 2003. DOI: <https://doi.org/10.3141/1833-12>
- [10] Holguin-Veras, J. and Patil, G., "Observed Trip Chain Behavior of Commercial Vehicles", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.1906, No.1, pp.74-80, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1177/0361198105190600109>
- [11] Wang, Q. and Holguin-Veras, J., "Investigation of Attributes Determining Trip Chaining Behavior in Hybrid Microsimulation Urban Freight Models", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.2066, No.1, pp.1-8, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3141/2066-01>
- [12] Beilock R., Kilmer R. L., "The Determinants of Full-Empty Truck Movements", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.68, No.1, pp.67-76, 1986. DOI: <https://doi.org/10.2307/1241650>
- [13] Holguin-Veras, J. and Thorson, E., "Modeling commercial vehicle empty trips with a first order trip chain model", *Transportation Research Part B*, Vol.37, No.2, pp.129-148, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(01\)00048-0](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(01)00048-0)
- [14] Tolliver D., Dybing A., Mitra S., "Trip Generation Rates for Large Elevators: A North Dakota Case Study", *Transportation Research Record*, Vol.1966, pp.88-95, 2006.

- DOI: <https://doi.org/10.3141/1966-11>
- [15] Holguin-Veras J., Patil G. R., "Integrated Origin-Destination Synthesis Model for Freight with Commodity-Based and Empty Trip Models", *Transportation Research Record*, Vol.2008, pp.60-66, 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.3141/2008-08>
- [16] Raathanachonkun P., Sano K., Wisetjindawat W., Matsumoto S., 2007, "Estimating Truck Trip Origin-Destination with Commodity-Based and Empty Trip Models", *Transportation Research Record*, Vol.2008, pp.43-50, 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.3141/2008-06>
- [17] Stefan, K. J., Hunt, J. D., McMillan, J. D. P. and Farhan, A., "Development of a fleet allocator model for calgary, Canada", *Journal of the Transportation Research Board*, No. 1994, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.89-93, 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.3141/1994-12>
- [18] Sivakumar, A. and Bhat, C., "Fractional Split-Distribution Model for Statewide Commodity-Flow Analysis", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vlo.1790, No.1, pp.80-88, 2002.  
DOI: <https://doi.org/10.3141/1790-10>
- [19] Hunt, J.D. and Stefan, K.J., "Tour-based microsimulation of urban commercial movements", *Transportation Research Part B*, Vol.41, No.9, pp.981-1013, 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2007.04.009>
- [20] Pani, A., Sahu, P.K., Chandra, A., Sarkar, A.K., "Assessing the extent of modifiable areal unit problem in modelling freight (trip) generation: Relationship between zone design and model estimation results", *Journal of Transportation Geography*, Vol.80, pp.1-17, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102524>
- [21] Gonzalez-Feliu, J. and Sanchez-Diaz, I., "The influence of aggregation level and category construction on estimation quality for freight trip generation models", *Transportation Research Part E*, Vol.121, pp.134-148, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.07.007>
- [22] Bakshi, N.D., Tiwari, G., Bolia, N.B., "Influence of urban form on urban freight trip generation", *Case Studies on Transportation Policy*, Vol.8, pp.229-235, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.04.004>
- [23] Puente-Mejia, B., Palacios-Arguello, L., Suarez-Nunez, C., Gonzalez-Feliu, J., "Freight trip generation modeling and data collection processes in Latin American cities. Modeling framework for Quito and generalization issues", *Transportation Research Part A*, Vol.132, pp.226-241, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.10.013>
- [24] The Korea Transport Institute, 2017 National Transportation Survey, DB System Operation and Maintenance, Korea.
- [25] U. S. Kim, Y. J. Choe, A Study on the Policy Options Considering Life Cycle Management for PM·NO<sub>x</sub> Emissions of Diesel Vehicles in Seoul, The Seoul Institute, Korea.

한진석(Jin-Seok Hahn)

[정회원]



- 2010년 8월 : 서울대학교 건설환경공학부(교통공학박사)
- 2011년 4월 ~ 2014년 5월 : 한국교통연구원 박사후연구원
- 2014년 6월 ~ 현재 : 한국환경정책·평가연구원 연구위원

<관심분야>

지속가능교통