

# 환경영향평가 시 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 개선방안

김유미 | 문난경 | 하중식 | 김민아



## ■ 연구진

연구책임자	김유미 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)
참여연구원	문난경 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)
	하중식 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)
	김민아 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)

## ■ 연구자문위원

이지이 (조선대학교 교수)
이태우 (교통환경연구소 연구관)
유현석 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)
한진석 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)

© 2017 한국환경정책·평가연구원

---

발행인	이 창 훈 (원장 직무대리)
발행처	한국환경정책·평가연구원 (30147) 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 과학·인프라동 전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799 <a href="http://www.kei.re.kr">http://www.kei.re.kr</a>
인 쇄	2017년 9월 26일
발 행	2017년 9월 30일
등 록	제 2015-000009호 (1998년 1월 30일)
ISBN	979-11-5980-128-0 93530

---

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처를 표시해 주십시오.  
김유미 외(2017), 「환경영향평가 시 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 개선방안」, 한국환경정책·평가연구원.

---

값 5,000원

# 서 언

국가적으로 미세먼지는 중요한 이슈이며 문제 해결을 위하여 발생원, 배출량, 저감방안 등 다양한 각도의 개선방안 연구가 활발히 진행되고 있습니다. 개발 사업으로 인한 환경적 영향을 예측하고 저감하는 환경영향평가제도 역시 미세먼지 영향을 평가함에 있어 영향예측 정확성을 향상시키기 위한 연구가 필요한 시점이라고 할 수 있습니다. 이에 인구가 집중된 수도권 지역의 경우 경유차로 인한 미세먼지 영향이 주요한 발생원으로 꼽히고 있으므로 환경영향평가 시 차량에서 배출되는 대기오염물질의 영향을 면밀히 예측할 수 있도록 발생량 산정 방법을 개선하는 것은 중요한 연구로 여겨집니다. 이에 본 연구결과가 환경영향평가 시 활용되어 향후 개발사업으로 인한 대기질 영향의 정확도가 향상되고 의사결정에 객관성을 뒷받침하는데 활용되길 기대합니다.

끝으로 본 연구를 수행한 한국환경정책·평가연구원 환경평가본부의 김유미 박사, 문난경 박사, 하종식 박사, 김민아 연구원에게 감사를 표합니다. 바쁘신 와중에도 자문을 통해 연구에 도움을 주신 조선대학교 이지이 교수, 교통환경연구소 이태우 연구원께 깊은 감사를 드립니다. 또한 우리 원의 유현석 박사, 한진석 박사의 자문에도 감사를 표합니다.

2017년 9월

한국환경정책·평가연구원

원장 직무대리 **이 창 훈**

## ■ 일러두기

본 보고서의 내용 중 인용표시가 되지 않은 본문내용, 표 및 그림은 저자가 작성한 내용입니다.

# 국문요약

본 연구에서는 환경영향평가 시 도로이동오염원의 대기오염물질 배출량 산정 현황 및 문제점을 살펴보고 배출계수 적용방안의 개선점을 제시하였다. 현재 환경영향평가서 내에는 경유 승용차에 대한 부분이 반영되지 않거나, 도로이동오염원 대기오염물질 배출계수로 활용되는 환경부 고시(제2013-94호)가 기존 목적에 맞도록 개정되어 향후 환경영향평가 내 배출계수로 활용하기가 적절치 않은 문제점이 있다. 또한, 현재 환경영향평가 시 도로 재비산먼지 및 특정대기유해물질을 고려하지 않는 등의 문제점도 존재한다.

이에 본 연구에서는 국가 대기오염물질 배출량 산정 시 활용되는 대기정책지원시스템 (CAPSS: Clean Air Policy Support System)의 배출계수를 살펴보고 차종별, 연료별, 연식별 통계자료를 활용하여 환경영향평가 내 적용방안을 제시하였다. 기존 방안 대신 신규 적용방안을 활용할 경우 차종에 따라 NO<sub>x</sub> 및 PM 배출계수가 증가하는 경향이 나타났다. 더불어 EPA에서 제시한 연구결과를 활용하여 도로 재비산먼지 적용방안을 제시하고, 단계별 특정대기유해물질 적용방안을 검토하였다. 그 결과, 예를 들어 특정대기유해물질 중 benzene의 경우 우선 적용 할 수 있는 물질로 판단되었다.

본 연구 결과는 최근 개선된 산정방법으로 환경영향평가서 작성 가이드라인을 개정 시 활용할 수 있을 것이다. 또한 도로이동오염원의 영향을 현실적으로 반영하여 신뢰도와 정확도를 향상하는 데 기여할 수 있을 것이다. 현재 도로이동오염원에서 배출되는 대기오염물질의 영향이 과소평가되고 있는 것으로 판단된다. 도로사업의 노선 선정 또는 도시개발사업 주거시설의 배치 등에 개선된 적용방안을 활용한다면, 도로이동오염원의 영향을 최소화하는 방향으로 정책을 구현하는 데 뒷받침이 될 것이다.

주제어 : 환경영향평가, 도로이동오염원, 대기오염물질 배출계수, CAPSS, 도로 재비산먼지



# | 차례 |

제1장 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구의 범위	3
3. 연구의 내용 및 수행체계	3
제2장 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 현황 및 문제점	5
1. 환경영향평가서 내 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정방법	5
2. 도로이동오염원의 대기질 영향 평가 시 문제점	10
3. 도로변 대기오염물질 현황	12
제3장 개선방안(1): 기존 고려사항에 대하여	23
1. PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> 배출계수 적용의 대안검토	23
2. CAPSS 도로이동오염원 배출계수 적용방안	29
제4장 개선방안(2): 미고려사항에 대하여	46
1. 도로 재비산먼지 고려방안	46
2. 도로이동오염원 배출 특정대기유해물질 고려방안	48
제5장 결론 및 제언	52
1. 결론	52
2. 정책 제언	55
참고문헌	57
부록 환경영향평가 시 도로이동오염원 배출량 산정 가이드라인 예시	61
Abstract	67

## | 표차례 |

〈표 2-1〉 교통영향평가 대상사업의 범위 .....	6
〈표 2-2〉 주요 도로구간별 교통량 .....	9
〈표 2-3〉 환경부고시 제2017-166호의 제정·개정 이유 .....	11
〈표 2-4〉 선정된 짝 측정소(도로변측정소-도시대기측정소)의 상관관계(2015-2016년) .....	14
〈표 2-5〉 환경부 훈령 제718호 「도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정」 제1조 .....	18
〈표 2-6〉 환경부 훈령 제718호 「도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정」 제4조 .....	18
〈표 2-7〉 전국 미세먼지(PM <sub>10</sub> ) 배출원 대분류별 배출량 .....	19
〈표 2-8〉 전국 비산먼지(PM <sub>10</sub> ) 배출원 중분류별 배출량 .....	19
〈표 2-9〉 2017년 5월 도로 재비산먼지 월간 측정결과 .....	19
〈표 3-1〉 차종별·속도별 오염물질 배출계수 .....	25
〈표 3-2〉 차종별·속도별 대기오염물질별 배출계수 .....	27
〈표 3-3〉 교통영향평가 지침 내 조사사항 .....	29
〈표 3-4〉 12종 차종분류표 .....	30
〈표 3-5〉 국립환경과학원 도로이동오염원 배출계수 내 차종 구분 .....	32
〈표 3-6〉 「자동차관리법」 시행규칙 [별표 1] 내 자동차의 종류 및 규모별 세부기준 .....	33
〈표 3-7〉 지역별 승용차 연료 비중(기타 제외) .....	35
〈표 3-8〉 특·광역시 도심/외곽 평균 속도(km/hr) .....	37
〈표 4-1〉 포장도로 재비산먼지 부문 도로별 silt 부하량 .....	47
〈표 4-2〉 포장도로 재비산먼지 부문 차종별 차중 .....	47
〈표 4-3〉 「대기환경보전법」 제46조(제작차의 배출허용기준 등) .....	48
〈표 4-4〉 「대기환경보전법」 시행령 제46조(배출가스의 종류) .....	49

## | 그림차례 |

〈그림 1-1〉 발생원별 PM <sub>2.5</sub> 배출 기여도 .....	2
〈그림 1-2〉 연구 수행체계도 .....	4
〈그림 2-1〉 사업지구 및 주변지역 가로망 계획도 .....	8
〈그림 2-2〉 도로변대기측정소와 도시대기측정소, AWS 관측지점 그리고 교통량 검지기 위치 .....	13
〈그림 2-3〉 행정구역내 이격거리로 선정된 짝 측정소의 연평균 PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> 그리고 CO 농도 상세결과 .....	16
〈그림 2-4〉 행정구역 내 이격거리로 선정된 짝 측정소의 연평균 (a) PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> 농도차이와 (b) CO 농도차이 상세결과 .....	17
〈그림 2-5〉 4개의 측정지점. NT와 HT는 남산 3호 터널과 홍지문 터널, RS는 양재동 염곡사거리 그리고 GJ는 광진구 구의동에 위치한 구의정수장 내 서울시 대기오염측정소로 주거 지역을 의미함 .....	21
〈그림 2-6〉 4개 측정지점의 BTEX 평균 농도 .....	21
〈그림 2-7〉 국내 다양한 지점에서 측정된 입자상 PAHs의 분포 특성 비교 .....	22
〈그림 3-1〉 승용차, 승합차와 화물차의 연료별 비중 .....	34
〈그림 3-2〉 지자체별 승용차 연료 비중 .....	35
〈그림 3-3〉 승용차, 승합차와 화물차의 누적 모델 연도 .....	36
〈그림 3-4〉 연료별 승용차와 RV의 차속에 따른 NO <sub>x</sub> 배출계수('06년 이후 연식 적용) .....	39
〈그림 3-5〉 차종별 기존 방법론과 신규 방법론(2012 CAPSS 배출계수, 최신 연식 계수, 서울 외곽 평균속도 24.5km/hr 적용)의 NO <sub>x</sub> 배출계수 비교(g/km) .....	41
〈그림 3-6〉 국립환경과학원(2015) 내 승용차와 RV의 PM <sub>10</sub> 배출계수의 차속에 따른 비교 .....	42
〈그림 3-7〉 국립환경과학원(2015) 내 승용차, RV 및 승합차의 PM <sub>10</sub> 배출계수의 차속에 따른 비교 .....	42
〈그림 3-8〉 경유 중형화물차의 차속에 따른 PM <sub>10</sub> 배출계수의 연식별 차이 .....	44
〈그림 3-9〉 차종별 기존 방법론과 신규 방법론(2012 CAPSS 배출계수, 최신 연식 계수, 서울 외곽 평균속도 24.5km/hr 적용)의 PM <sub>10</sub> 배출계수 비교(g/km) .....	45
〈그림 4-1〉 benzene의 차종별, 연료별 배출계수(mg/km) .....	51
〈그림 4-2〉 2015년 지역별 benzene 연평균 농도 .....	51



# 제1장

## 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

폭스바겐의 ‘디젤게이트’ 사건과 2016년 정부에서 발표한 ‘미세먼지 관리 특별대책’은 차량에서 배출되는 미세먼지의 영향이 크다는 사실을 시사한다. ‘디젤게이트’ 사건을 통해 클린 디젤이라는 친환경 이미지와 높은 연비를 지닌 디젤 엔진 차량이 다량의 미세먼지와 질소산화물을 배출하는 부정적인 측면도 있음이 재조명되었다.<sup>1)</sup> ‘미세먼지 관리 특별대책’ 내에서도 대도시의 경우 이동오염원으로 인한 미세먼지 발생량이 타 요인에 비하여 큰 비중을 차지하는 것을 제시하였고(그림 1-1 참조), 이동오염원과 관련된 대기질 개선 정책안 역시 다수 마련되었다.<sup>2)</sup> 더불어 WHO 산하 국제암연구소(IARC)에서는 차량에서 배출되는 디젤 PM을 1급 발암물질로 지정하였고<sup>3)</sup> 그 외에도 benzene, formaldehyde, benzo(a)pyrene 등의 발암성 물질이 대기 중으로 배출되어 인체에 노출된다(장영기 외, 2012).

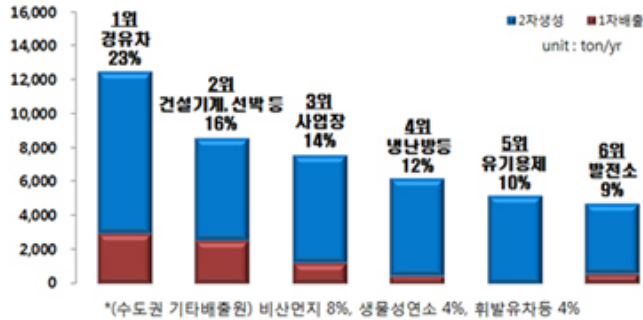
---

1) 환경부, 폭스바겐조작사건 궁금증 풀어보기, <http://www.me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?fileId=127647&fileSeq=1&openYn=Y>, 검색일: 2017.9.21.

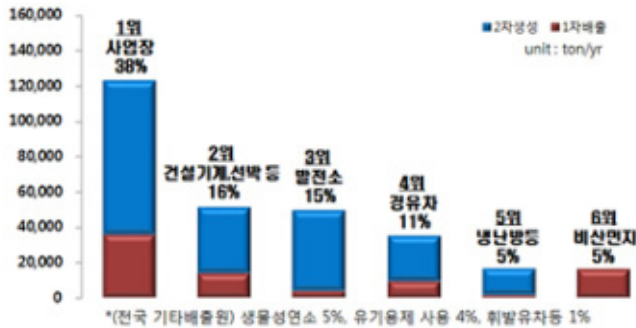
2) 환경부, “미세먼지 관리 특별대책”, <http://www.me.go.kr/issue/finedust4/>, 검색일: 2017.12.7.

3) WHO(2012), IARC: DIESEL ENGINE EXHAUST CARCINOGENIC, [https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213\\_E.pdf](https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf), 검색일: 2017.9.21.

<수도권>



<전국>



자료: 환경부, “미세먼지 관리 특별대책”, <http://www.me.go.kr/issue/finedust4/>, 검색일: 2017.12.7.

<그림 1-1> 발생원별 PM<sub>2.5</sub> 배출 기여도

일정 규모 이상 개발사업의 경우 환경영향평가 절차를 통해 해당 사업의 환경적 영향을 평가하고 저감대책을 수립하도록 유도하고 있다. 앞서 언급한 것과 같이 미세먼지의 중요한 원인 중 하나로 지목되고 있는 차량의 영향 역시 환경영향평가에서 검토하고 있는 사항이다 (김지영 외, 2002). 하지만 김지영 외(2002)의 경우 당시 사용 중인 1991년 국립환경과학원에서 발표한 배출원단위의 문제점을 지적하고, 향후 새로 개발된 자동차 배출계수가 발표될 경우 이를 사용할 것을 권면하고 있다. 하지만 그 이후로 기존 배출계수의 문제점 및 신규 배출계수의 적용방안, 시대와 상황의 변화 그리고 차량의 변화 등을 고려한 환경영향평가 내 차량 배출량 산출과 관련된 가이드라인에 관한 연구가 진행되지 않았다.

또한 현재 환경영향평가 시 차량 증가에 따른 대기질 영향을 고려할 때 차종별 대기오염 물질 배출량의 차이를 고려하여 적용하는 것이 미흡하며, 특정대기유해물질 배출의 경우 고려 대상이 아닌 실정이다. 예를 들어, 환경영향평가 시 신설 도로의 승용차 운행에 대한 영향을 고려할 때 경유 승용차와 휘발유 및 LPG 승용차를 구분하지 않은 교통량 정보를 활용한다. 이 때문에 차종 구분 없이 모든 승용차를 휘발유차의 배출계수로 가정하여 적용함으로써 승용차의 질소산화물 배출량을 과소 산정하는 문제점이 있다.

차량에서 배출되는 특정대기유해물질의 경우 환경기준이 없어 적용이 어려운 실정이다. 또한 건강영향평가에서 활용하고 있는 특정대기유해물질에 대한 위해도 기준의 경우 발전소, 소각장 및 매립장, 산업단지 등과 같은 점오염원 또는 면오염원은 고려하나, 선오염원(이동오염원)은 고려 대상이 아니다. 따라서 현재 미세먼지 및 이동오염원과 관련된 사회적 이슈를 고려할 때, 환경영향평가 시 개발사업으로 증가하는 도로이동오염원에 대한 환경영향 고려 부문에서 개선이 필요하다.

이에 본 연구에서는 환경영향평가 시 개발사업 진행에 따른 차량 증가 영향을 정량적으로 평가하기 위하여, 현재 활용 중인 도로이동오염원의 차종별 및 대기오염물질별 배출계수 적용상의 문제점을 살펴보고자 한다. 또한 배출되는 대기오염물질의 현황 및 특성에 따라 단계별로 적용 할 수 있는 범위를 산정하여 개선방안을 도출하고자 한다.

## 2. 연구의 범위

도로이동오염원에서 배출되는 대기오염물질에 대한 평가는 환경영향평가서 내에서 분석하는 부분으로 한정한다. 연구의 방향은 현재 도로이동오염원 대기오염물질과 관련하여 연구된 배출계수 및 대기오염물질을 대상으로 하여, 환경영향평가 내에 대안으로 적용 할 수 있는 부분을 검토하는 것으로 한정한다.

## 3. 연구의 내용 및 수행체계

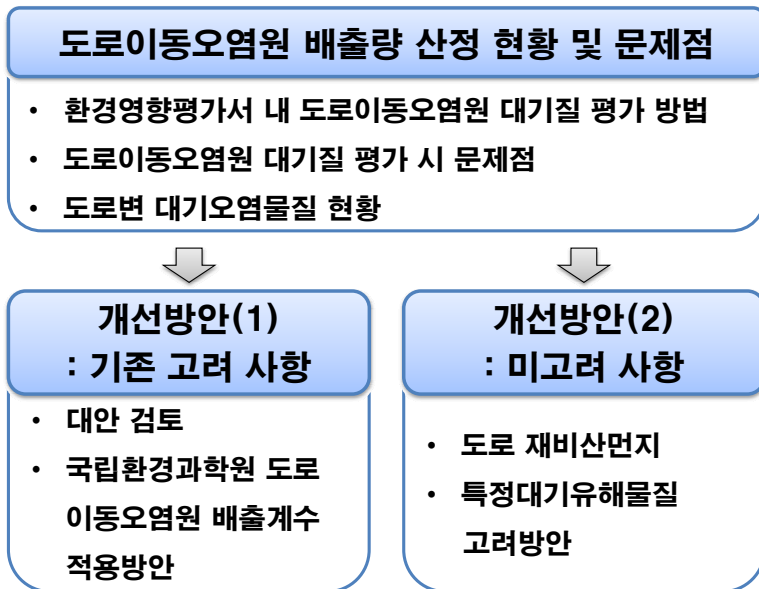
본 연구에서는 환경영향평가서 내 도로이동오염원에서 배출되는 대기오염물질 평가방법의

현황 및 문제점을 살펴보고 개선방안을 도출하고자 한다. 연구의 주요 내용 및 수행체계는 다음과 같다(그림 1-2 참조).

첫째, 환경영향평가서 내 도로이동오염원 대기질 평가 방법 및 문제점과 실제 도로변 대기오염물질 현황을 분석하였다.

둘째, 도로이동오염원에서 배출되는 대기오염물질의 배출량 산정 개선방안에 대하여 우선 기준에 적용 중인 대상을 중심으로 대안을 검토하여 개선안을 도출하였다.

셋째, 그 외 환경영향평가 시 고려되지 않았던 부분에 대하여 향후 도입방안을 검토하였다.



〈그림 1-2〉 연구 수행체계도

## 제2장

# 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 현황 및 문제점

### 1. 환경영향평가서 내 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정방법

환경영향평가서 내 대기질 평가는 일반적으로 대기오염물질 현황조사, 사업으로 증가하는 배출량 산정, 영향 예측 및 저감방안 수립으로 이루어진다. 도로이동오염원에 대해서는 현재 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO를 대상물질로 하여 교통영향평가 등을 통한 신규 도로를 통행하는 차종별 예상 차량 대수를 활용하여 배출량 산정 및 영향 예측을 실시한다.

교통영향평가서는 국토교통부 고시 제2016-29호에 따라 작성되며, 교통영향평가 대상 사업의 범위는 <표 2-1>과 같다. 주로 도시개발, 도로, 물류단지, 공원, 유원지 등 신규 도로 신설 및 개발사업이 교통량을 증가시키는 대표적인 사업이라고 할 수 있다.

환경영향평가에서는 <그림 2-1> 및 <표 2-2>와 같이 개발사업으로 예상되는 주요 도로 구간별 교통량 정보를 활용한다. 예를 들어 <그림 2-1>의 1에서 2구간에 해당하는 도로에 승용차가 일평균 2만 76대가 지나가는 것으로 예측하는 것이다. 도로이동오염원의 단위구간별 오염물질 배출량(g/sec) 산정 시 일반적으로 구간별 교통량이 많은 첨두시 차량 정보(대/시)에 구간별 도로 길이(km), 차종별 오염물질 배출계수(g/km) 정보를 적용한다.

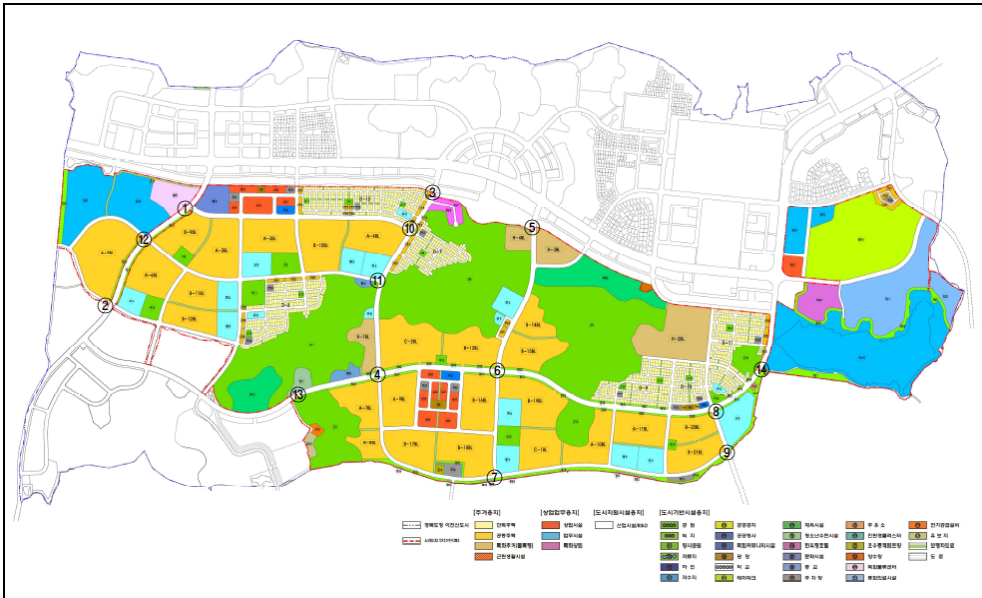
〈표 2-1〉 교통영향평가 대상사업의 범위

구분	교통영향평가 대상사업의 범위
가. 도시의 개발	1) 「도시개발법」 제2조제1항제2호에 따른 도시개발사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	2) 「도시 및 주거환경정비법」 제2조제2호(마목은 제외한다)에 따른 정비사업 - 부지면적 5만㎡ 이상
	3) 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호에 따른 기반시설 중 다음의 시설에 관한 도시계획시설사업 가) 도로 - 총길이 5km 이상인 신설노선 중 인터체인지, 교차 부분 및 다른 간선도로와의 접속부 나) 유통업무설비 - 건축 연면적 1만 5천㎡ 이상 또는 부지면적 5만 5천㎡ 이상 다) 공원 - 부지면적 30만㎡ 이상 라) 유원지- 부지면적 15만㎡ 이상
	4) 「주택법」 제16조에 따른 대지조성사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	5) 「택지개발촉진법」에 따른 택지개발사업 또는 「공공주택건설 등에 관한 특별법」 제2조 제3호가목에 따른 공공주택지구조성사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	6) 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」 제2조제9호에 따른 물류단지개발사업 - 부지면적 5만㎡ 이상
	7) 「물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률」 제2조제2호 및 제4호에 따른 물류터미널 또는 복합물류터미널의 설치 - 부지면적 2만 5천㎡ 이상
	8) 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제50조에 따른 도시지역 내 지구단위계획에 관한 도시·군관리계획의 결정 - 부지면적 10만㎡ 이상
	9) 「공공기관 지방이전에 따른 혁신도시 건설 및 지원에 관한 특별법」 제2조제5호에 따른 혁신도시개발사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	10) 「역세권의 개발 및 이용에 관한 법률」 제2조제1항제2호에 따른 역세권개발사업 중 사업면적이 25만제곱미터 이상인 사업
나. 산업입지 및 산업 단지의 조성	1) 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제2조제9호에 따른 산업단지개발사업 - 부지면적 20만㎡ 이상 2) 「연구개발특구의 육성에 관한 특별법」 제6조의2제2항제4호에 따른 특구개발사업 - 부지면적 20만㎡ 이상
다. 에너지 개발	「전원개발촉진법」 제2조제2호에 따른 전원개발사업(송전선로의 경우는 제외한다) - 부지면적 300만㎡ 이상
라. 항만의 건설	「항만법」 제2조제1호에 따른 항만의 건설 - 연간 하역능력 150만 톤 이상

〈표 2-1〉의 계속

구분	교통영향평가 대상사업의 범위
마. 도로의 건설	「도로법」 제10조에 따른 도로의 건설 - 총길이 5km 이상인 신설노선 중 인터체인지, 분기점, 교차 부분 및 다른 간선도로와의 접속부
바. 철도의 건설	1) 「철도건설법」 제2조제1호 및 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호에 따른 철도의 건설. 다만, 「철도사업법」 제2조제5호에 따른 전용철도를 공장 안에 설치하는 경우는 제외한다. - 정거장 1개소 이상을 포함하는 총길이 5km 이상
	2) 「도시철도법」 제2조제2호에 따른 도시철도의 건설사업 - 정거장 1개소 이상을 포함하는 총길이 3km 이상
사. 공항의 건설	「항공법」 제2조제6호 및 제7호에 따른 비행장 및 공항의 설치 - 연간 여객처리능력 30만 명 이상
아. 관광 단지의 개발	1) 「관광진흥법」 제2조제6호 및 제7호에 따른 관광지 및 관광단지의 조성사업 - 시설계획 면적 5만㎡ 이상 또는 부지면적 50만㎡ 이상
	2) 「온천법」 제2조에 따른 온천의 개발사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
자. 특정 지역의 개발	1) 「지역 개발 및 지원에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 지역개발사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	2) 「주한미군기지 이전에 따른 평택시 등의 지원 등에 관한 특별법」 제2조제9호에 따른 국제화계획지구의 개발사업 또는 같은 법 제16조에 따른 평택시개발사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	3) 「신행정수도 후속대책을 위한 연기·공주지역 행정중심복합도시 건설을 위한 특별법」 제2조제1호에 따른 행정중심복합도시 건설사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	4) 「기업도시개발 특별법」 제2조제3호에 따른 기업도시개발사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
	5) 「용산공원 조성 특별법」 제3조제4호에 따른 용산공원정비구역 내 용산공원 조성 등 개발사업 - 부지면적 10만㎡ 이상
차. 체육 시설의 설치	1) 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 체육시설의 설치공사. 다만 골프장 설치공사의 경우에는 27홀 이상인 경우만 해당한다. - 부지면적 15만㎡ 이상
	2) 「경륜·경정법」 제2조제1호·제2호에 따른 경륜 또는 경정 시설의 설치사업 - 부지면적 15만㎡ 이상
	3) 「한국마사회법」 제4조에 따른 경마장 - 부지면적 15만㎡ 이상
카. 민간투자 사업	「사회기반시설에 대한 민간투자법」 제2조제5호에 따른 민간투자사업 - 해당 사업 또는 시설 규모 이상

자료: 국가법령정보센터, “도시교통정비 촉진법”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.8.27.



자료: 경북도청이전신도시(2단계) 건설사업 환경영향평가서(2017.3), <http://www.eiass.go.kr>, 검색일: 2017. 8.27.

〈그림 2-1〉 사업지구 및 주변지역 가로망 계획도

〈표 2-2〉 주요 도로구간별 교통량

구분	구간	승용차	버스 <sup>주)</sup> (대형)	트럭 (물류운송차량 포함)			합계
				소형	중형	대형	
일평균 (대/일)	1⇔2	20.076	874	718	37	-	21.705
	1⇔10	8.286	359	294	14	-	8.953
	11⇔12	6.421	279	230	14	-	6.944
	11⇔4	9.175	398	324	14	-	9.911
	4⇔7	3.304	144	117	5	-	3.570
	7⇔9	4.320	190	156	9	-	4.675
	4⇔6	15.415	647	550	28	-	16.667
	6⇔8	14.743	646	529	28	-	15.946
	5⇔6	4.157	182	151	9	-	4.499
	6⇔7	1.605	70	58	-	-	1.733
	8⇔9	6.512	283	234	14	-	7.043
	3⇔11	9.976	434	353	19	-	10.782
	8⇔14	14.668	642	524	28	-	15.862
13⇔4	6.155	270	221	14	-	6.660	
첨두시 (대/시)	1⇔2	2.014	75	38	-	-	2.127
	1⇔10	831	31	16	-	-	878
	11⇔12	644	24	12	-	-	680
	11⇔4	920	34	17	-	-	971
	4⇔7	331	12	6	-	-	349
	7⇔9	484	16	8	-	-	458
	4⇔6	1.546	58	29	-	-	1.633
	6⇔8	1.479	55	28	-	-	1.562
	5⇔6	417	16	8	-	-	441
	6⇔7	161	6	3	-	-	170
	8⇔9	653	24	12	-	-	689
	3⇔11	1.001	38	19	-	-	1.058
	8⇔14	1.417	55	28	-	-	1.554
13⇔4	617	28	12	-	-	652	

주: 버스는 모두 대형으로 가정하였음.

자료: 경북도청이전신도시(2단계) 건설사업 환경영향평가서(2017.3), <http://www.eiass.go.kr>, 검색일: 2017. 8.27.

## 2. 도로이동오염원의 대기질 영향 평가 시 문제점

### 가. 기존 고려사항 중 문제점

#### 1) 차종 적용의 오류

교통영향평가 등에서 제공하는 구간별 이동 차량 정보의 한계점은 승용차의 세부 차종, 연료, 연식 등과 관련된 정보를 얻을 수 없다는 것이다. 따라서 승용차량 대수에 배출계수를 적용하기 위해서는 차종, 연료, 연식 등과 같은 정보를 가정하여야 한다. 특히 연료에 따라 배출계수의 차이가 크에도 불구하고 현재 승용차의 연료를 모두 휘발유로 가정하는 과소 평가가 빈번히 이루어지고 있다. 또한 화물차의 경우 교통량 조사 시 활용하는 차종의 구분과 배출계수 적용 시 차종의 구분 간 차이점을 고려하지 않은 채 배출계수를 적용하는 오류가 발생하기도 한다. 예를 들어 교통량 조사 시 대형 화물차 중 최대적재량 8.5톤을 초과하는 차량의 경우, 기존 활용하던 방법론에서는 대형화물(5톤 미만)에 해당하는 배출계수를 주로 적용하여 과소평가하는 사례가 빈번하게 발생하였다. 이에 따라 도로이동오염원 대기오염 물질 배출 영향 평가 시 차종, 연료, 연식 등을 가정하는 가이드라인이 필요한 실정이다.

#### 2) 환경부 고시 개정

대부분의 환경영향평가서에서 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 시 환경부고시 제2013-94호 「자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정」을 활용하고 있다. 하지만 해당 고시는 환경영향평가 활용을 위한 규정이 아니며, 그마저도 2017년 9월 8일자로 환경부 고시 제2017-166호로 개정되어 향후 환경영향평가에서 활용하기가 어려워졌다(표 2-3 참조). 이에 따라 환경영향평가 시 도로이동오염원에 적용할 수 있는 배출계수에 대한 대안이 필요하다.

〈표 2-3〉 환경부고시 제2017-166호의 제정·개정 이유

<p><b>【제정·개정 이유】</b></p> <p>◇ 배경</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정*(환경부고시 제2013-94호)의 재검토기한이 경과하여 이를 검토, 개정 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 자동차 판매자, 행정관청이 저공해자동차 보급계획 작성·심의 시 활용</li> <li>※ 관련법령: 수도권 대기환경개선에 관한 특별법 제23조제5항, 동법 시행규칙 제22조 및 제24조</li> </ul> </li> <li>○ 교통환경연구소(국립환경과학원)측은 동 배출량 산정방법의 실효성, CAPSS 배출계수와 의 일관성 등에 문제를 제기, 개정 제안(17.7.19) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실제 배출수준과 큰 차이를 보이는 배출계수값 존재, GDI PM 등 신규 관리물질의 누락, CAPSS 배출계수와 계수 산정방법, 계수값 등이 다름에 따라 개정 필요</li> </ul> </li> </ul> <p>◇ 개정 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 총 오염물질 배출량의 산정방법으로 인증시험결과를 활용하도록 하고, 오염물질의 종류에 GDI PM을 추가하고, 재검토기한을 변경함 <ul style="list-style-type: none"> <li>- (개정) 제2조 4호 “배출계수”라 함은 배출량 산정 대상 자동차 또는 배출가스 인증 동일차종 중 대표차종의 배출가스 인증시험 결과를 말한다.</li> <li>- (개정) 제3조 1호 휘발유 직접분사식 기술이 적용된 휘발유 사용 자동차의 경우는 입자상 물질(PM)을 포함한다.</li> <li>- (변경) 제5조 환경부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2018년 1월 1일을 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.</li> </ul> </li> </ul>
---

자료: 국가법령정보센터, “자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.11.7.

## 나. 미고려사항 중 문제점

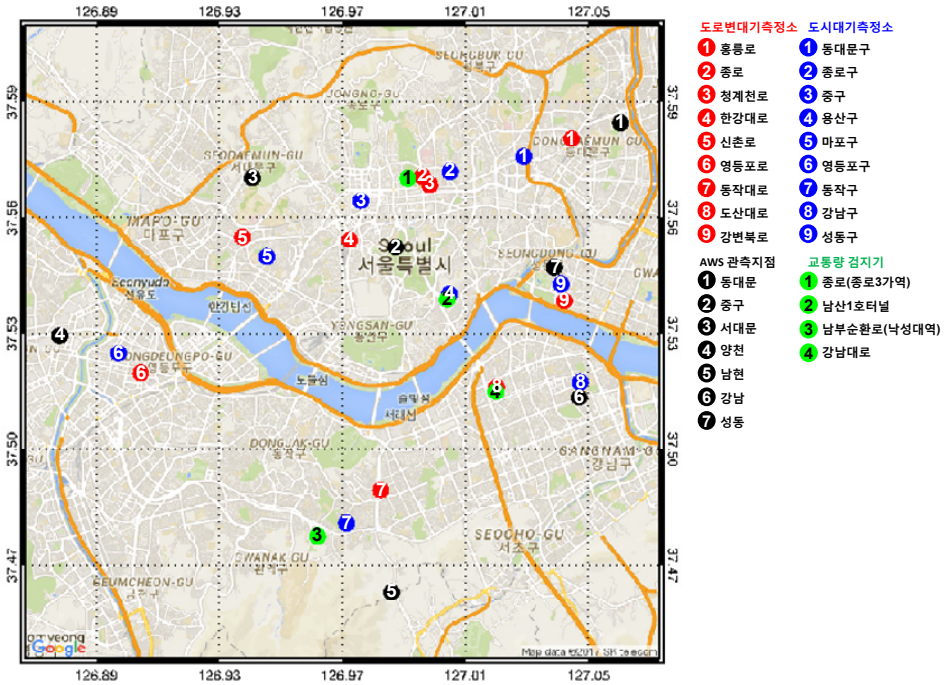
현재 환경영향평가에서 도로이동오염원 배출량 산정 시 고려되지 않는 사항으로 도로 재비산먼지를 들 수 있다. 또한 특정대기유해물질에 대한 고려가 이루어지지 않아 이에 대한 고려방안을 알아볼 필요가 있다.

### 3. 도로변 대기오염물질 현황

앞서 환경영향평가 시 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정과정의 문제점을 살펴 보았다. 현재 도로변 대기오염물질 현황을 살펴봄으로써 문제 개선의 중요성을 다시 한번 확인하고자 한다.

#### 가. 도로변 PM, NO<sub>2</sub>, CO 현황

환경부와 지자체에서 운영하는 자동 대기측정망은 도시대기측정망(도심지역의 평균대기질 농도 측정), 교외대기측정망(도시를 둘러싼 교외 지역의 배경농도 측정), 국가배경농도측정망(국가의 배경농도와 오염물질 유입, 유출 상태 등을 파악), 도로변대기측정망(자동차 통행량과 유동 인구가 많은 도로변의 대기농도 측정)으로 나뉘어 지역 특성에 맞춰 운영된다. 도로변에서 배출된 대기오염물질은 오염물질 자체의 특성과 기상인자에 의해 주변으로 확산 및 이동하므로 오염원에서 멀리 떨어진 지역까지 피해를 끼친다. 이에 도로변과 비도로변의 대기오염물질 배출 특성 및 현황파악을 위하여 도시대기측정소와 도로변대기측정소를 연계해 분석하였다. 측정소간의 행정구역 및 일평균 오염농도의 상관관계에 따라 짝지을 측정소를 선정하였으며, 짝 측정소 각각의 측정자료를 활용하여 도로변과 비도로변의 대기오염물질 배출량에 따른 대기오염기여도를 간접적으로 알아보았다(선우영 외, 2012). 도로변대기측정소-도시대기측정소 간의 짝 측정소 선정 시 일차적으로 도로변에 측정소가 설치된 행정구역별 도시대기측정소를 기준으로 추출하였다. 강수량이 0인 경우의 시간자료만 사용하였으며, 두 측정소에서 관측된 PM<sub>10</sub> 일평균 농도변화의 상관관계를 살펴 최종 결정하였다. 선정된 짝 측정소의 정보는 <그림 2-2>에 나타냈다. 뿐만 아니라 자동기상관측시스템(AWS: Automatic Weather System)에서 관측한 풍향을 분석해 측정소 간 풍향(풍상층: 도시대기관측소에서 도로변대기관측소로, 풍하층: 도로변대기관측소에서 도시대기관측소로)을 고려하여 짝 측정소에 영향을 미치는 공기괴의 흐름을 파악하였다. 최근 경향을 파악하기 위해 최근 연도를 대상으로 분석을 진행하였으며, 분석 대상기간은 2015년부터 2016년까지였고, 분석 대상물질은 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 그리고 CO였다.



자료: 구글지도를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 2-2〉 도로변대기측정소와 도시대기측정소, AWS 관측지점 그리고 교통량 검지기 위치

짝 측정소를 구성하는 도로변대기측정소와 도시대기측정소가 동일한 공기괴의 영향 아래에 있어 각 측정소의 오염물질 농도가 서로 영향을 미친다는 것을 확인할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 짝 측정소를 구성하는 도로변대기측정소와 도시대기측정소에서 관측된 오염물질 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 사이의 상관성을 <표 2-4>에 나타냈으며, 이를 통하여 분석결과의 신뢰도를 확인하였다. 상관관계수(Pearson)의 절댓값이 0.4 이상 0.7 미만일 경우 다소 높은 상관관계, 0.7 이상 0.9 미만일 경우 높은 상관관계, 0.9 이상일 경우 매우 높은 상관관계로 정의된다. 짝 측정소의 상관관계에서 PM<sub>10</sub>의 경우 모두 높은 상관관계를 가졌으며 PM<sub>2.5</sub>는 평균적으로 다소 높은 상관관계를 가졌다. NO<sub>2</sub>의 경우 ‘홍릉로-동대문구’, ‘청계천로-중구’, ‘한강대로-용산구’, ‘신촌로-마포구’, ‘영등포로-영등포구’의 5개의 짝 측정소에서만 유의미한 상관관계가 나타났다. 상대적으로 NO<sub>2</sub> 농도의 상관관계수가 낮은 이유는 배출량

및 기상 조건 변화에 따라 대기 중 O<sub>3</sub>과의 광화학반응에 의해 NO<sub>x</sub>의 생성, 소멸이 활발히 일어나 NO<sub>2</sub> 농도의 일변화 폭이 크게 나타나기 때문이다(김득수 외, 2016).

〈표 2-4〉 선정된 짝 측정소(도로변대기측정소-도시대기측정소)의 상관관계(2015-2016년)

도로변대기 측정소	도시대기 측정소	상관관계		
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>
홍릉로	동대문구	0.90	0.72	0.50
종로	종로구	0.91	0.58	0.35
청계천로	중구	0.93	0.63	0.62
한강대로	용산구	0.90	0.76	0.54
신촌로	마포구	0.88	0.76	0.42
영등포로	영등포구	0.92	0.77	0.44
동작대로	동작구	0.86	0.67	0.34
도산대로	강남구	0.94	0.80	0.36
강변북로	성동구	0.90	0.73	0.35

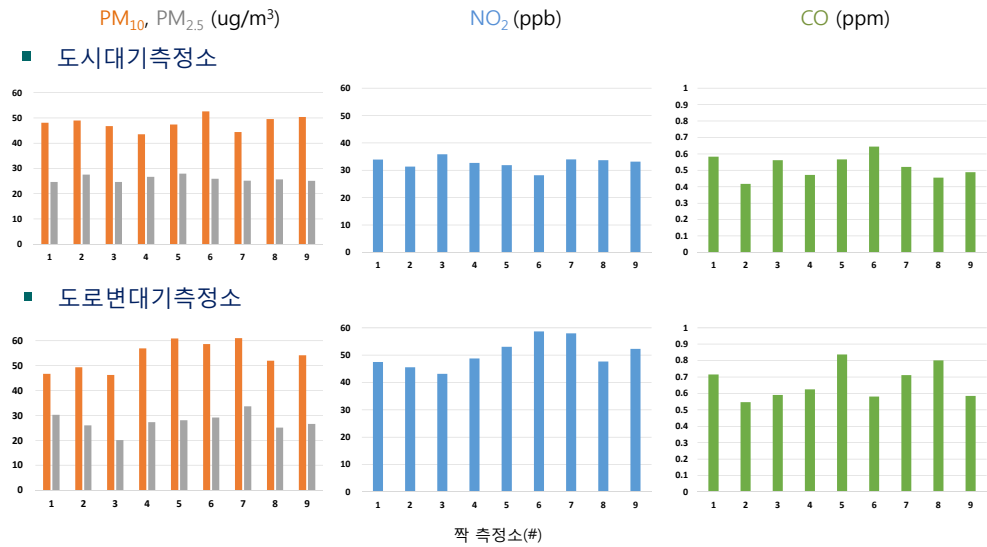
자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

본 연구에서는 짝 측정소를 구성하는 도로변대기측정소와 도시대기측정소의 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 그리고 CO의 2015-2016년 평균 농도를 파악하고, 그 결과를 〈그림 2-3〉에 나타냈다. 여기서 대기오염농도의 평균 농도는 강수일의 자료를 제외하고 산정한 것이다. 이를 살펴보면 도로변대기측정소의 PM<sub>10</sub> 농도가 54  $\mu\text{g m}^{-3}$ 로 도시대기측정소의 PM<sub>10</sub> 농도(48  $\mu\text{g m}^{-3}$ )보다 높은 것을 확인할 수 있고, NO<sub>2</sub> 농도 또한 도로변대기측정소(51ppb)에서 도시대기측정소(33ppb)보다 높게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 반면 PM<sub>2.5</sub>의 경우 전체적으로 도로변대기측정소(27  $\mu\text{g m}^{-3}$ )와 도시대기측정소(26  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) 간에 차이가 두드러지지 않음을 확인할 수 있었다.

짝으로 선정된 측정소들에서 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 그리고 CO 농도차이를 분석한 결과는 〈그림 2-4〉에 제시한 바와 같다. NO<sub>2</sub> 농도차의 경우 모두 양(+)의 값을 보이며, 짝 측정소 중 도로변대기측정소가 도시대기측정소보다 높은 값을 나타냄을 확인할 수 있었다. 그중 ‘영등포로-영등포구’ 짝 측정소의 NO<sub>2</sub> 농도차이는 30.5ppb로 가장 큰 차이를 보였으며

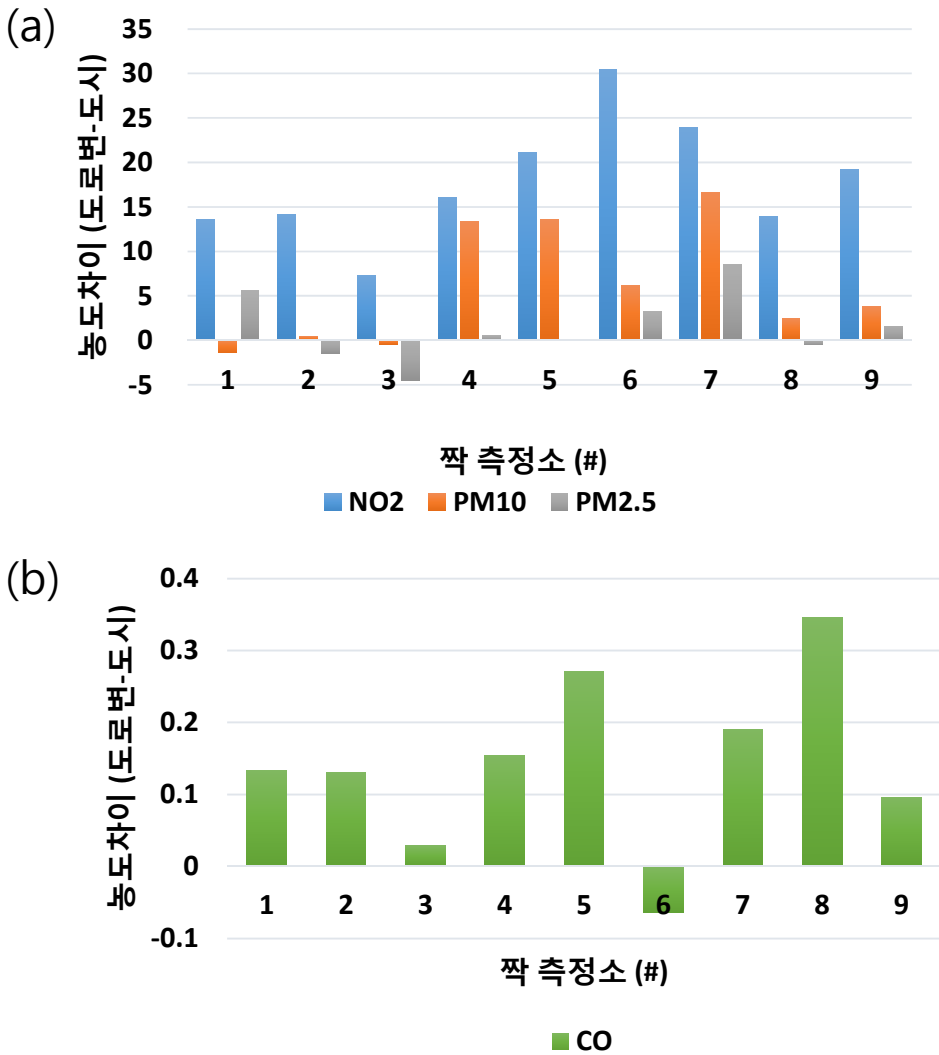
‘종로-종로구’ 짝 측정소는 7.3ppb로 가장 작은 차이를 보였다.  $PM_{10}$  농도차이의 경우 ‘홍릉로-동대문구’ 짝 측정소에서  $-1.4 \mu\text{g m}^{-3}$ , ‘청계천로-중구’ 짝 측정소에서  $-0.5 \mu\text{g m}^{-3}$ 로 음(-)의 값을 나타냈으며, ‘동작대로-동작구’ 짝 측정소에서 최대  $16.7 \mu\text{g m}^{-3}$  차이를 보였다.  $PM_{2.5}$  농도차의 경우 ‘종로-종로구’, ‘청계천로-중구’, ‘도산대로-강남구’에서 각각  $-1.5 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $-4.5 \mu\text{g m}^{-3}$ ,  $-0.5 \mu\text{g m}^{-3}$ 로 음(-)의 값을 나타냈으며, ‘동작대로-동작구’ 짝 측정소에서 최대  $8.6 \mu\text{g m}^{-3}$  차이를 보였다. CO의 경우 짝측정소에 따라 양(+) 또는 음(-)의 차이를 나타내어 자동차 외의 발생원을 고려해야할 것이다.

자동차에 의한 대기질 오염은 도로 주변에서 고농도를 보이며 도로 이격거리에 따라 농도가 급격히 감소하는 경향을 보이는데, 이는 국소 고농도(hot spot) 오염현상의 특징이다 (WHO, 2006). 특히 자동차에서 많이 배출되는  $NO_x$ 는 주로 NO의 형태로 배출되어 대기 중에서 빠르게  $NO_2$ 로 산화하는 것으로 알려져 있다. 이렇게 산화한  $NO_2$ 는 대기 중에서 자외선에 의해 다시 광해리되어 NO로 분해되고, 휘발성 유기화합물을 비롯한 많은 오염물질과 반응하여 2차 오염물질을 생성하는 등 대기 중에서 복잡하고 다양한 화학반응을 일으킨다. 이러한 이유로 본 연구에서 선정한 도로변대기측정소의  $NO_2$  농도는 자동차의 영향을 뚜렷하게 나타내는 것으로 볼 수 있다.



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 2-3〉 행정구역 내 이격거리로 선정된 짝 측정소의 연평균 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 그리고 CO 농도 상세결과



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 2-4〉 행정구역 내 이격거리로 선정된 짝 측정소의 연평균 (a) PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 농도차이와 (b) CO 농도차이 상세결과

### 나. 도로 재비산먼지 현황<sup>4)</sup>

도로 재비산먼지의 경우 환경부 훈령 제718호 「도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정」을 근거로 한국환경공단이 위탁하여 도로 재비산먼지의 측정 업무 등을 이행하고 있다 (표 2-5, 표 2-6 참조).

〈표 2-5〉 환경부 훈령 제718호 「도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정」 제1조

제1조(목적) 이 규정은 「수도권 대기환경개선에 관한 특별법」(이하 “법”이라 한다) 제7조의2, 동법 시행령(이하 “시행령”이라 한다) 제3조의2, 제32조, 동법 시행규칙(이하 “시행규칙”이라 한다) 제4조 및 「대기오염공정시험기준」 “도로 재비산먼지 연속측정방법”에 따라 측정장비를 탑재한 차량 등을 이용한 대기오염도 측정절차 및 측정자료의 공개 등에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

자료: 국가법령정보센터, “도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.9.21.

〈표 2-6〉 환경부 훈령 제718호 「도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정」 제4조

제4조(업무의 위탁 및 범위) 시행령 제32조제4항제1호에 따라 「한국환경공단법」에 따라 한국환경공단이 위탁하여 운영하는 “측정장비를 탑재한 차량 등을 이용한 대기오염도의 측정 및 공개업무”는 다음 각 호와 같다.

1. 도로 재비산먼지의 측정 업무
2. 측정자료의 적정 보관·관리 및 공개 업무
3. 측정관리시스템 운영 및 관리 업무
4. 측정자료의 신뢰성 증진 및 대기관리개선을 위한 연구 업무
5. 기타 측정관리시스템의 적정 운영·관리를 위한 업무

자료: 국가법령정보센터, “도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.9.21.

도로 재비산먼지의 배출현황을 살펴보면 도로 재비산먼지는 전국 PM<sub>10</sub> 배출량에서 44.3%로 가장 높은 비율을 차지한다(표 2-7 참조). 도로 재비산으로 PM<sub>10</sub> 배출량은 4만 9,309톤으로 비산먼지 배출량의 45.3%를 차지하며, 이는 전체 PM<sub>10</sub> 배출량의 20%에 해당한다(표 2-8, 그림 2-5 참조).

4) 해당 소제목의 내용은 모두 ‘도로 재비산먼지 관리시스템’에서 발췌 및 인용한 내용임, <https://www.cleanroad.or.kr>, 검색일: 2017.9.21.

〈표 2-7〉 전국 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 배출원 대분류별 배출량, 2013 CAPSS

(단위: 톤, %)

비산먼지	제조업 연소	생물성 연소	비도로 이동 오염원	도로 이동 오염원	에너지산업 연소	기타
108,942 (44.3)	81,014 (32.9)	15,663 (6.4)	15,167 (6.2)	6,249 (2.5)	4,524 (1.8)	2,507 (1.0)

자료: 도로 재비산먼지 관리 시스템, www.cleanroad.or.kr, 검색일: 2017.9.21.

〈표 2-8〉 전국 비산먼지(PM<sub>10</sub>) 배출원 중분류별 배출량, 2013 CAPSS

(단위: 톤, %)

도로 재비산먼지	건설공사	나대지	농업활동	축산활동	폐기물처리	하역 및 야적
49,309 (45.3)	23,491 (21.6)	12,688 (11.6)	10,142 (9.3)	9,778 (9.0)	3,525 (3.2)	9 (0.0)

자료: 도로 재비산먼지 관리 시스템, www.cleanroad.or.kr, 검색일: 2017.9.21.

도로 재비산먼지 관리시스템(www.cleanroad.or.kr)에서 제공하는 측정 자료를 활용하여 2017년 5월 도로 재비산먼지 월간 측정결과를 분석하였다. 그 결과 550개의 측정 결과에서 '매우 좋음'이 대부분을 차지하였고, '나쁨'과 '매우 나쁨' 수준은 4% 정도에 그쳤다(표 2-9 참조). 도로 재비산과 관련해서는 최근에 측정을 시작한 단계이므로, 향후 이에 대한 분석이 추가로 필요할 것으로 사료된다.

〈표 2-9〉 2017년 5월 도로 재비산먼지 월간 측정결과

오염범례	측정 횟수	재비산먼지 평균 농도( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
매우 좋음	455	21.6
좋음	65	69.6
보통	13	119.1
나쁨	7	177.6
매우 나쁨	10	394.8
전체	550	38.3

자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

#### 다. 도로변 특정대기유해물질 현황

특정대기유해물질의 경우 특정대기유해물질 측정망에서 측정 및 관리하고 있으나, PM이나 NO<sub>x</sub>와 같은 물질은 일반대기측정망 및 도로변측정망으로 구분되지 않아 분석에 어려움이 있다. 이에 도로변 측정으로 결과를 도출한 선행연구를 통하여 도로변 특정대기유해물질 현황을 파악하고자 한다.

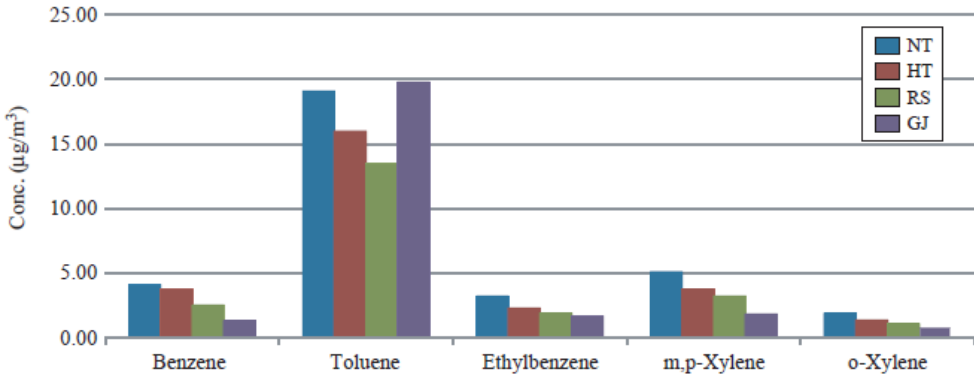
이제승 외(2011)는 미국 EPA의 TO-14에서 규정한 유해 휘발성유기화합물(HVOCs: Hazardous Volatile Organic Compounds) 위주로 도로변, 터널 및 주거지역에서 검출되는 물질의 종류와 오염정도를 비교 및 고찰하였다(그림 2-5 참조). 모든 지점에서 공통적으로 풍부하게 존재하는 물질종은 BTEX이었다. toluene, m,p-xylene, benzene, ethylbenzene, o-xylene의 순으로 검출량이 많았고, 주거지역 GJ에서만 benzene에 비해 ethylbenzene 농도가 조금 높게 검출되었다(이제승 외, 2011). <그림 2-6>에서 볼 수 있듯이 주요 자동차에서 배출되는 benzene, ethylbenzene, m,p-xylene, o-xylene은 터널, 도로, 주거지역 순으로 높게 나타난다.

이지이 외(2008)는 도로변의 다환방향족탄화수소(PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) 농도 수준을 정량화하고, 서울의 대기와 터널 등 배출특성이 다른 곳에서 측정한 PAHs 농도 분포와 비교하여 도로변 특성을 제시하였다. <그림 2-7>에서 보면 터널에 비해 도로변에서는 BbF (Benzo(b)fluoranthene), Ind (Indeno(1,2,3-cd)pyrene), BghiP (Benzo(g,h,i)perylene) 등의 고분자량 성분들의 비율이 상대적으로 높았는데, 이는 동력계 시험을 바탕으로 알려진 자동차의 PAHs 배출특성과 유사하다고 설명하였다(이지이 외, 2008). 또한 대기 중에는 도로변에 비해 Phen (Phenanthrene), Pyr (Pyrene), Flt (Fluoranthene)의 비율이 높았지만, 도로변에는 이들 성분들이 고분자량 성분들과 비슷한 비율로 분포한다고 분석하였다(이지이 외, 2008). 서울과 고산대기 중 입자상 PAHs에는 석탄 연소를 포함하여 여러 배출원에서 배출된 PAH 성분들이 혼합되어 있는 반면, 도로변에서 측정한 이 연구에서는 자동차 배출에 의한 영향이 지배적이었기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 보인다(이지이 외, 2008).



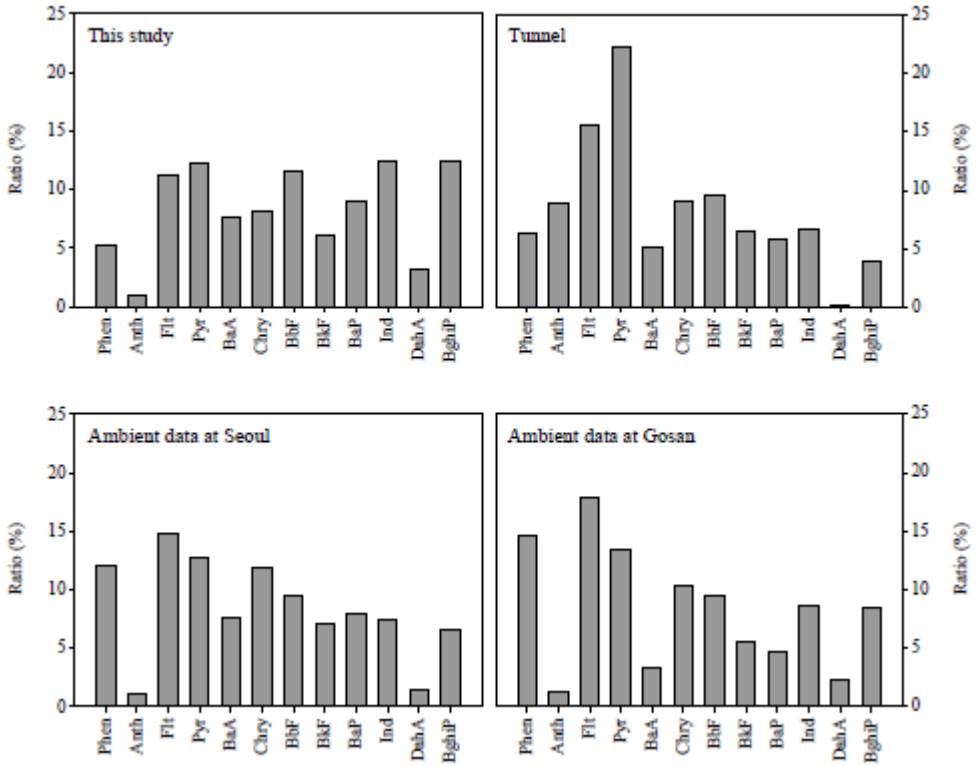
자료: 이제승 외(2011), “서울시 도로변, 터널 및 주거지역 대기 중 유해 휘발성 유기화합물의 특성”.

〈그림 2-5〉 4개의 측정지점. NT와 HT는 남산 3호 터널과 홍지문 터널, RS는 양재동  
 영곡사거리 그리고 GJ는 광진구 구의동에 위치한 구의정수장 내 서울시 대기오염측정소로  
 주거지역을 의미함



자료: 이제승 외(2011), “서울시 도로변, 터널 및 주거지역 대기 중 유해 휘발성 유기화합물의 특성”.

〈그림 2-6〉 4개 측정지점의 BTEX 평균 농도



자료: 이지이 외(2008), “서울시 도로변에서 입자상 다환방향족탄화수소의 농도 특성”.

〈그림 2-7〉 국내 다양한 지점에서 측정된 입자상 PAHs의 분포 특성 비교

## 제3장

# 개선방안(1): 기존 고려사항에 대하여

### 1. PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 배출계수 적용의 대안검토

환경영향평가 내 도로이동오염원 대기오염물질 배출량의 산정 시 기존 고려사항 중 개선이 필요한 부분에 대하여 다음과 같은 네 가지 대안을 고려할 수 있다.

- 대안 1. 기존 환경부 고시 활용
- 대안 2. 예비타당성조사 방법론(김강수 외, 2008) 또는 국토교통부(제2017-366호) 고시 활용
- 대안 3. 환경영향평가 적용 가능한 신규 배출계수 산출
- 대안 4. 국립환경과학원 제공 대기오염물질 배출계수 활용

네 가지 대안 중 대안 1의 기존 환경부 고시의 경우, 앞서 문제점으로 지적된 바와 같이 고시개정으로 향후 환경영향평가 시 기존 배출계수를 활용하는 것은 적합하지 않다.

대안 2의 예비타당성조사 방법론(표 3-1 참조) 또는 국토교통부 고시(표 3-2 참조)의 경우, 기존 환경부 고시와 유사하게 차종별 속도에 따른 대기오염물질 배출계수를 제공하여 사용자 입장에서 간단하게 적용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 현재 예비타당성조사(김강수 외, 2008)에서 활용하는 자동차의 배출계수의 경우 ‘철도청(2003)의 「철도투자평가편람」에서 제시한 차종별 오염물질 배출계수를 이용하여 각 차종별 오염물질 배출량을 추정’하였다고 제시하여 최근 연구를 반영하지 못했을 것으로 사료된다. 또한 <표 3-1>에서 볼 수 있듯이 승용차의 PM 배출계수가 ‘0’으로 제시된 것으로 볼 때 경유 승용차의 영향이

반영되지 않은 것으로 판단된다. 국토교통부 고시(제2017-366호) 「교통시설 투자평가 지침」의 경우 ‘한국철도시설공단(2010)의 「철도투자평가편람 전면개정 연구」에서 제시한 차종별 오염물질 배출계수 산출식을 이용하여 산정’한다고 제시하였다. 이는 김강수 외(2008)가 제시한 결과보다 최근 연구결과를 반영한 것으로 볼 수 있으나, 향후 배출계수가 개선됨에 따라 얻을 수 있는 결과를 반영하기 어려운 한계점이 있다.

대안 3의 경우 기존 환경부 고시를 대신할 수 있는 간략한 배출계수 정보를 만들 수 있으나, 이 역시 매년 개선되는 배출계수 정보를 반영하지 않을 경우 앞선 대안 1이나 대안 2와 같은 오류를 양산하게 된다. 하지만 사용자 입장에서는 매년 또는 주기적으로 현황이 반영되어 평균적인 또는 대표할 수 있는 배출계수가 배포되는 것이 가장 편리한 방법일 것이다.

대안 4의 경우 국가 대기오염물질 배출량 산정 시 활용되는 대기정책지원시스템(CAPSS: Clean Air Policy Support System) 내 배출계수를 직접 활용하는 방안이다. 사용자에게 가장 복잡한 방법일 수 있으나 현황을 가장 정확하게 반영할 수 있는 장점을 가지고 있다. 물론 차종별, 연료별, 연식별 속도에 따른 함수로 배출계수를 제공하므로 이를 적용하는 방안에 대한 가이드라인이 필요하다.

이에 본 연구에서는 지속적인 대표 배출계수를 제공할 수 없는 대안 3의 한계점을 감안하여 대안 4를 선정하였다. 그리고 이를 환경영향평가에 적용하는 방안을 다음 장에서 구체적으로 서술하고자 한다.

〈표 3-1〉 차종별·속도별 오염물질 배출계수

(단위: g/km)

차종	속도	CO	NOx	HC	PM	CO <sub>2</sub>
승용차	10	4.341	1.168	0.691	0.000	380.437
	20	1.915	0.67	0.237	0.000	257.48
	30	1.187	0.483	0.127	0.000	204.913
	40	0.845	0.384	0.082	0.000	174.262
	50	0.649	0.321	0.058	0.000	153.682
	60	0.524	0.277	0.044	0.000	138.685
	70	0.437	0.245	0.034	0.000	127.152
	80	0.373	0.22	0.028	0.000	117.94
	90	0.324	0.2	0.023	0.000	110.371
	100	0.287	0.184	0.02	0.000	104.012
소형버스	10	1.11	1.853	0.215	0.198	396.919
	20	0.77	1.24	0.126	0.142	272.234
	30	0.622	0.98	0.092	0.117	220.044
	40	0.534	0.898	0.073	0.101	192.412
	50	0.475	0.829	0.062	0.097	174.82
	60	0.432	0.82	0.053	0.104	167.268
	70	0.398	0.871	0.047	0.111	169.756
	80	0.371	0.982	0.043	0.118	182.284
	90	0.349	1.153	0.039	0.126	204.852
	100	0.33	1.384	0.036	0.133	237.46
중형버스	10	4.06	7.446	1.25	0.603	504.71
	20	2.641	4.894	0.798	0.35	388.39
	30	2.054	3.829	0.613	0.254	297.09
	40	1.718	3.217	0.509	0.203	230.81
	50	1.496	2.81	0.441	0.186	189.55
	60	1.336	2.517	0.391	0.174	173.31
	70	1.214	2.293	0.354	0.174	182.09
	80	1.118	2.114	0.325	0.186	215.89
	90	1.039	2.265	0.301	0.21	274.71
	100	0.973	2.927	0.281	0.246	358.55
대형버스	10	7.353	26.109	1.715	1.333	1058.187
	20	5.166	19.731	1.074	0.966	824.273
	30	4.202	16.749	0.817	0.801	712.21
	40	3.629	14.911	0.673	0.701	642.066
	50	3.239	13.625	0.579	0.632	592.453

〈표 3-1〉의 계속

(단위: g/km)

차종	속도	CO	NOx	HC	PM	CO <sub>2</sub>
소형트럭	10	1.37	2.539	0.223	0.208	432.384
	20	1.048	1.558	0.156	0.175	292.86
	30	0.896	1.171	0.126	0.159	233.174
	40	0.802	0.904	0.109	0.148	200.422
	50	0.736	0.771	0.097	0.14	185.55
	60	0.686	0.678	0.088	0.134	179.918
	70	0.646	0.625	0.082	0.129	183.526
	80	0.614	0.612	0.076	0.125	196.374
	90	0.586	0.639	0.072	0.121	218.462
	100	0.563	0.706	0.068	0.118	249.79
중형트럭	10	6.582	12.424	2.282	0.773	659.82
	20	4.14	8.478	1.455	0.516	541.32
	30	3.157	6.871	1.119	0.407	443.4
	40	2.604	5.968	0.928	0.344	366.06
	50	2.243	5.245	0.803	0.302	309.3
	60	1.986	4.702	0.714	0.256	273.12
	70	1.791	4.339	0.646	0.229	257.52
	80	1.638	4.156	0.592	0.214	262.5
	90	1.514	4.153	0.549	0.211	288.06
	100	1.411	4.33	0.512	0.22	334.2
대형트럭	10	8.028	34.484	2.301	2.269	3142.43
	20	4.803	26.53	1.554	1.696	2398.414
	30	3.556	22.757	1.236	1.431	2047.782
	40	2.874	20.41	1.05	1.268	1830.554
	50	2.436	18.758	0.925	1.154	1678.059
	60	2.128	17.508	0.835	1.069	1562.94
	70	1.898	16.516	0.765	1.002	1471.792
	80	1.719	15.703	0.709	0.948	1397.144
	90	1.575	15.018	0.663	0.902	1334.449
	100	1.457	14.431	0.625	0.863	1280.754

주: 대형버스는 시내버스를 의미하며, 시내버스 이외의 대형버스는 대형트럭의 배출계수를 적용함.  
 자료: 김강수 외(2008), “도로·철도 부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구”(제5판).

〈표 3-2〉 차종별·속도별 대기오염물질별 배출계수

(단위: g/km)

차종	속도	CO	NOx	VOC	PM <sub>2.5</sub>	CO <sub>2</sub>
승용차	10	1.51	0.59	0.15	0.02	380.85
	20	0.80	0.38	0.06	0.01	251.48
	30	0.57	0.30	0.04	0.01	197.30
	40	0.45	0.25	0.03	0.01	166.10
	50	0.38	0.22	0.02	0.01	145.34
	60	0.33	0.20	0.02	0.01	130.33
	70	0.29	0.18	0.01	0.01	118.85
	80	0.27	0.17	0.01	0.01	109.73
	90	0.25	0.15	0.01	0.01	102.27
	100	0.23	0.15	0.01	0.01	96.03
중형버스	10	1.58	1.87	0.41	0.04	831.41
	20	1.28	1.47	0.35	0.03	576.14
	30	1.16	1.29	0.33	0.03	464.99
	40	1.08	1.18	0.32	0.02	399.43
	50	1.03	1.11	0.31	0.02	355.03
	60	0.99	1.05	0.30	0.02	322.46
	70	0.96	1.01	0.30	0.02	297.27
	80	0.94	0.97	0.29	0.02	277.05
	90	0.92	0.94	0.29	0.02	260.36
	100	0.90	0.92	0.28	0.02	246.29
대형버스	10	2.26	5.92	0.71	0.04	1492.95
	20	1.87	4.16	0.61	0.03	1052.31
	30	1.72	3.42	0.57	0.02	858.31
	40	1.63	3.00	0.55	0.02	743.04
	50	1.57	2.72	0.53	0.02	664.54
	60	1.53	2.52	0.52	0.01	606.68
	70	1.50	2.36	0.52	0.01	561.76
	80	1.48	2.24	0.51	0.01	525.59
	90	1.46	2.14	0.51	0.01	495.65
	100	1.44	2.05	0.50	0.01	470.34

〈표 3-2〉의 계속

(단위: g/km)

차종	속도	CO	NOx	VOC	PM <sub>2.5</sub>	CO <sub>2</sub>
소형트럭	10	0.80	0.98	0.11	0.08	454.17
	20	0.53	0.62	0.07	0.06	337.15
	30	0.41	0.48	0.06	0.05	283.48
	40	0.35	0.39	0.05	0.04	250.75
	50	0.31	0.34	0.04	0.04	228.03
	60	0.28	0.30	0.04	0.03	211.02
	70	0.25	0.27	0.03	0.03	197.65
	80	0.23	0.25	0.03	0.03	186.77
	90	0.22	0.23	0.03	0.03	177.67
	100	0.20	0.22	0.03	0.02	169.92
중형트럭	10	3.82	5.39	0.92	0.20	740.40
	20	2.47	3.93	0.61	0.14	579.59
	30	1.91	3.26	0.48	0.12	502.26
	40	1.60	2.86	0.40	0.10	453.74
	50	1.40	2.59	0.35	0.09	419.36
	60	1.25	2.38	0.32	0.08	393.22
	70	1.14	2.22	0.29	0.08	372.39
	80	1.05	2.09	0.27	0.07	355.24
	90	0.98	1.98	0.25	0.07	340.78
	100	0.92	1.89	0.23	0.07	328.33
대형트럭	10	7.03	25.21	1.64	0.79	1490.85
	20	4.29	17.98	1.11	0.57	1140.87
	30	3.24	14.77	0.88	0.47	975.58
	40	2.67	12.86	0.75	0.41	873.04
	50	2.30	11.56	0.66	0.37	800.99
	60	2.04	10.60	0.60	0.34	746.56
	70	1.85	9.84	0.55	0.31	703.43
	80	1.69	9.24	0.51	0.30	668.09
	90	1.57	8.74	0.47	0.28	638.40
	100	1.47	8.31	0.45	0.27	612.96

자료: 한국개발연구원(2017): 국가법령정보센터, “교통시설 투자평가지침”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.11.7 재인용.

## 2. CAPSS 도로이동오염원 배출계수 적용방안

### 가. CAPSS 배출계수 적용방안

#### 1) 차종 구분

현재 국립환경과학원에서는 2012년 국가대기오염물질 배출량 산출 시 활용한 배출계수를 책자로 제공하고 있다(국립환경과학원, 2015). 국립환경과학원(2015) 내 도로이동오염원 배출계수는 차종별, 오염물질별, 연식별로 구분되어 있으며 이는 속도에 관한 함수로 이루어져 있다.

해당 배출계수를 환경영향평가에 적용하기 위해서는 차종, 연료, 연식, 속도에 대한 실효적인 가이드라인이 필요하다. 먼저 교통영향평가 지침(국토교통부 고시 제2016-29호) 제7조5에서는 차종을 5종으로 구분한다(표 3-3 참조). 이와 더불어 도로교통량 조사 시 활용하는 12종 차종분류표에는 축수와 단위의 분류기준에 따라 차종이 자세하게 분류되어 있다(표 3-4 참조). 반면에 국립환경과학원에서 제공하는 배출계수 내 차종 구분은 <표 3-5>와 같다.

#### <표 3-3> 교통영향평가 지침 내 조사사항

제7조(교통시설 및 교통소통 현황)

5. 「도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」에 따른 중로 이상의 가로(개별 건축물의 경우에는 사업지구와 인접한 소로 이상의 가로를 포함한다)와 교차로에서는 다음 각 목에서 정한 3개 이상 차종별 교통량을 기준으로 조사하되 대상사업의 특수성을 고려하여 세분하여 조사할 수 있다.

가. 승용차

나. 버스(12인승 미만, 12인승 이상)

다. 화물(2.5톤 미만, 2.5톤 이상)

6. 분석대상 교차로의 평균지체도와 가로구간의 차량 평균통행속도

7. 평균 재차인원과 평균 적재톤수(화물통행 수요를 유발하는 경우에 한한다)를 조사하되 국토교통부장관 및 공공기관의 장이 발행한 상위계획자료 등을 활용할 수 있다.

자료: 국가법령정보센터, “교통영향평가 지침”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.11.7.

〈표 3-4〉 12종 차종분류표

종별	분류 기준		차종 정의	해당 차량의 예	
	축수	단위			
1종	승용차 미니트럭	2	1	16인승 미만의 여객 수송용 차량, 미니 트럭 등 2축 1단위 차량	클릭, 베르나, 아반떼, 쏘나타, 투스카니, 그랜저, 에쿠스, 모닝, 프라이드, 세라토, 로체, 오피러스, 토스카, 윈스톰, 레조, 라세티, 젠트라, 칼로스, 마티즈, 체어맨, 갤로퍼, 라비타, 트라제, 싼타페, 테라칸, 스타렉스, 카렌스, 카니발, 스포티지, 쏘렌토, 렉스턴, 카이런, 액티언, 로디우스, 봉고, 프레지오, 그레이스, 라보, 다마스, 타우너, 무쏘 스포츠 등
2종	버스	2	1	16인승 이상의 여객 수송용 버스 형식으로 2축 1단위 차량	그랜버드, 뉴콤비, 에어로 고속, 에어로 버스, 도시형 버스, 직행 버스, 관광 버스, 좌석 버스, 로얄 버스, 슈퍼 버스, 코스모스, 시외 버스, 전세 버스 등
3종	소형 화물차 A	2	1	화물 수송용 트럭으로 2축의 최대 적재량 1~2.5톤 미만의 1단위 차량	포터, 세레스 등 2.5톤 이하 트럭, 2.5톤 미만 내장탑, 2.5톤 미만 냉동탑등
4종	소형 화물차 B	2	1	화물 수송용 트럭으로 2축의 최대적재량 2.5톤 이상의 1단위 차량	타이탄, 복사(起), 트레이드, 2.5~5톤 트럭, 트랙터, 8~8.5톤 카고, 8톤 냉동차, 8.5톤, 8~8.5톤 덤프, 8톤 진개차, 5톤 렉카, 진개차, 라이노, 4.5톤 내장탑, 4.5톤 냉동탑, 사료 운반차
5종	중형 화물차 A	3	1	화물 수송용 트럭으로 3축 1단위 차량	믹서, 15톤 덤프, 트랙터, 붐믹서, 5.4톤 트랙터, 9.5~10톤 카고, 16KL 탱크로리, 11톤 냉동차, 11.5톤 암롤, 11~12톤 카고, LPG 탱크, 냉동 6×4, 11톤~12톤 카고 트럭, 베스트 믹서, LPG 탱크로리, B.C. 트럭, 진개차, 대형 콘크리트 펌프, 탱크로리 등

〈표 3-4〉의 계속

종별	분류 기준		차종 정의	해당 차량의 예	
	축수	단위			
6종	중형 화물차 B	4	1	화물 수송용 트럭 형식으로 4축 1단위 차량	탱크로리 21KL(現), 덤프 트럭 8/4(現) 등
7종	중형 화물차 C	5	1	화물 수송용 트럭 형식으로 5축 1단위 차량	탱크로리, 덤프 트럭, 카고 트럭 등
8종	대형 화물차 A	4	2	화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러, 탱크로리 트레일러 등
9종	대형 화물차 B	4	2	화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	카고 풀 트레일러 등
10종	대형 화물차 C	5	2	화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 5축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	판 세미 트레일러 등
11종	대형 화물차 D	5	2	화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 5축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	카고 풀 트레일러 등
12종	대형화물차 E	6	2	화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 6축이상 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러 등

자료: 교통량 정보제공 시스템, “차종분류표”, [http://www.road.re.kr/intro/intro\\_04.asp?main\\_no=4&sub\\_no=1](http://www.road.re.kr/intro/intro_04.asp?main_no=4&sub_no=1), 검색일: 2017.11.7을 바탕으로 저자 작성.

〈표 3-5〉 국립환경과학원 도로이동오염원 배출계수 내 차종 구분

대분류	중분류
승용차	경형, 소형, 중형, 대형
택시	소형, 중형, 대형
승합차	경형, 소형, 중형, 특수, 대형
버스	시내, 시외, 전세, 고속, 특수
화물차	경형, 소형, 중형, 대형, 덤프트럭, 콘크리트믹서, 특수
특수차	구난차, 견인차, 기타
RV	소형, 중형

자료: 국립환경과학원(2015)을 바탕으로 저자 작성.

교통량 정보가 교통영향평가 지침 내 5종으로 구분될 경우, 버스에 관한 부분은 국립환경과학원(2015) 배출계수 상에서 12인 미만과 이상으로 구분하기 어려운 실정이다. 다만 환경영향평가 대상 도로의 특성에 따라 버스의 종류를 가정할 수 있을 것으로 판단된다. 승용차의 경우 국립환경과학원(2015) 대분류 내 승용차, 택시, 승합차, RV 모두가 예측 교통량의 승용차에 해당한다. 화물차의 경우 「자동차관리법」 시행규칙 [별표 1]의 자동차의 종류 및 규모별 세부 기준(표 3-6 참조)을 참고할 때 교통량 정보의 적재량 2.5톤 미만은 국립환경과학원(2015) 내 화물차 중분류의 경형, 소형 및 중형 일부에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 그리고 적재량 2.5톤 이상은 중형 일부, 대형, 덤프트럭, 콘크리트 믹서에 해당한다고 볼 수 있다. 환경영향평가의 경우 보수적인 접근을 위하여 각 구분 차종별 최대배출계수를 적용한다는 전제하에 일반적으로 적재량 2.5톤 미만 화물차의 경우 국립환경과학원(2015) 내 중형화물차의 배출계수를, 적재량 2.5톤 이상 화물차의 경우 대형화물차의 배출계수를 적용하면 될 것으로 판단된다. 또는 해당 지자체의 화물차관련 소형, 중형, 대형의 통계자료가 있을 경우 이를 활용하여 적용이 가능할 것이다. 더불어 12종 차종구분표에 의거하여 교통량 정보를 다룰 경우 소형화물차 A는 국립환경과학원(2015) 내 중형화물차를, 소형화물차 B에서 대형화물차 E까지는 국립환경과학원(2015) 내 대형화물차를 적용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

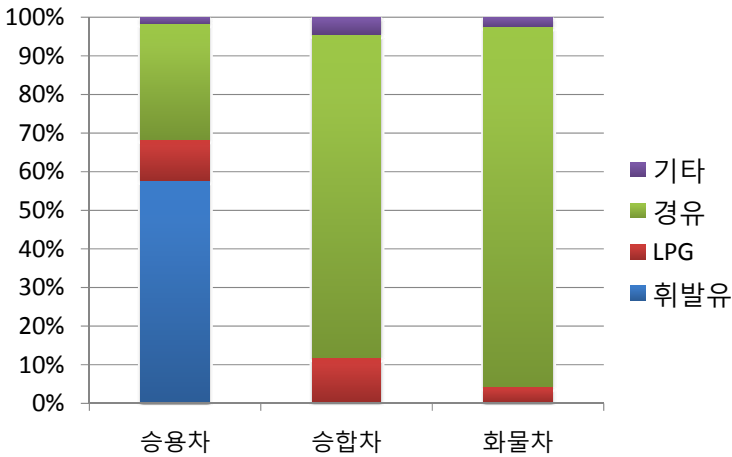
〈표 3-6〉 「자동차관리법」 시행규칙 [별표 1] 내 자동차의 종류 및 규모별 세부기준

종류	경형	소형	중형	대형
승용 자동차	배기량이 1000cc미만으로서 길이 3.6미터·너비 1.6미터·높이 2.0미터 이하인 것	배기량이 1,600cc미만인 것으로서 길이 4.7미터·너비 1.7미터·높이 2.0미터 이하인 것	배기량이 1,600cc 이상 2,000cc 미만이거나 길이·너비·높이 중 어느 하나라도 소형을 초과하는 것	배기량이 2,000cc 이상이거나, 길이·너비·높이 모두 소형을 초과하는 것
승합 자동차	배기량이 1000cc 미만으로서 길이 3.6미터·너비 1.6미터·높이 2.0미터 이하인 것	승차정원이 15인 이하인 것으로서 길이 4.7미터·너비 1.7미터·높이 2.0미터 이하인 것	승차정원이 16인 이상 35인 이하이거나, 길이·너비·높이 중 어느 하나라도 소형을 초과하여 길이가 9미터 미만인 것	승차정원이 36인 이상이거나, 길이·너비·높이 모두가 소형을 초과하여 길이가 9미터 이상인 것
화물 자동차	배기량이 1000cc 미만으로서 길이 3.6미터·너비 1.6미터·높이 2.0미터 이하인 것	최대적재량이 1톤 이하인 것으로서, 총중량이 3.5톤 이하인 것	최대적재량이 1톤 초과 5톤 미만이거나, 총중량이 3.5톤 초과 10톤 미만인 것	최대적재량이 5톤 이상이거나, 총중량이 10톤 이상인 것
특수 자동차	배기량이 1,000cc 미만으로서 길이 3.6미터·너비 1.6미터· 높이 2.0미터 이하인 것	총중량이 3.5톤 이하인 것	총중량이 3.5톤 초과 10톤 미만인 것	총중량이 10톤 이상인 것
이륜 자동차	배기량이 50cc 미만(최고정격출력 4킬로와트 이하)인 것	배기량이 100cc 이하(최고정격출력 11킬로와트 이하)인 것으로 최대적재량 (기타형에만 해당한다)이 60킬로그램 이하인 것	배기량이 100cc 초과 260cc 이하 (최고정격출력 11킬로와트 초과, 15킬로와트 이하)인 것으로 최대적재량이 60킬로그램 초과, 100킬로그램 이하인 것	배기량이 260cc (최고정격출력 15킬로와트)를 초과하는 것

자료: 국가법령정보센터, “자동차관리법 시행규칙”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.11.7.

## 2) 연료 구분

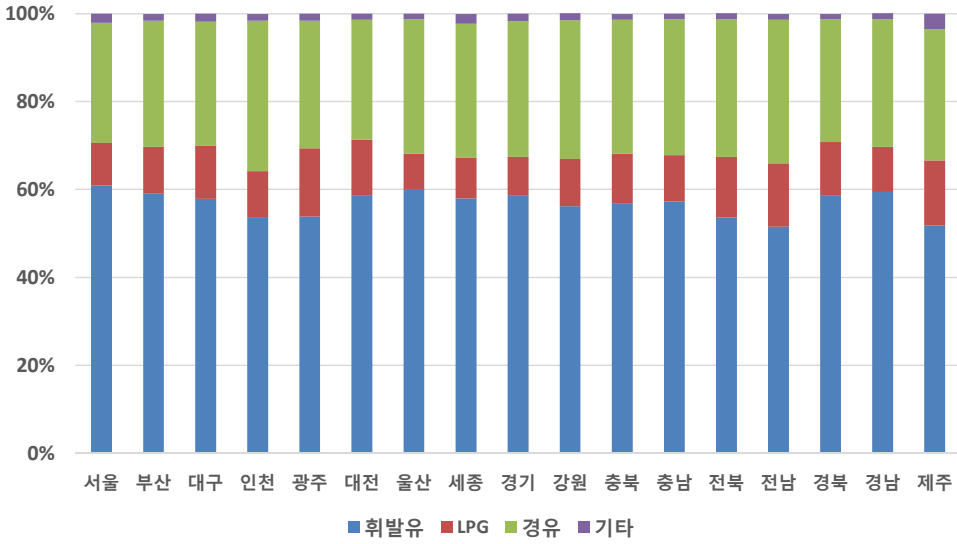
연료의 경우 사용할 수 있는 국가 통계자료 중 최근 연료 비중을 활용하는 것이 바람직하다. 통계자료 활용이 어려울 경우 연료 비중을 보수적으로 적용할 것을 고려하여야 한다. 예를 들어, 국토교통부 통계누리(<http://stat.molit.go.kr/portal>)에서 제공하는 ‘2017년 자동차 등록자료통계’를 활용하면 <그림 3-1>에서와 같이 차종별 연료비중을 구할 수 있다. 해당 자료에서 전국 승용차의 경우 휘발유가 약 58%, LPG가 약 11%, 경유가 약 30%, 기타가 약 2%로 볼 수 있다. 승합차와 화물차의 경우 대부분이 경유인 것을 확인할 수 있다. 그 외 택시는 LPG, 시내버스는 CNG로 일반적으로 적용하면 된다.



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

<그림 3-1> 승용차, 승합차와 화물차의 연료별 비중

승용차의 경우 지자체별로 ‘2017년 자동차등록자료통계’상에서 연료 현황을 살펴보면 유사한 비중을 보인다(그림 3-2 참조). 이를 기타 연료를 제외하고 휘발유, LPG 및 경유의 비중으로 계산하여 각 지자체별로 <표 3-7>에 제시하였다. 이는 자동차 등록지에 대한 자료이므로 실제 도로 주행현황을 반영하지 못한 한계가 있다. 그러나 지자체별로 차이가 크게 보이지 않으므로, 개별 사업의 해당 지자체별 비중 또는 국가 전체 비중을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 3-2〉 지자체별 승용차 연료 비중

〈표 3-7〉 지역별 승용차 연료 비중(기타 연료 제외)

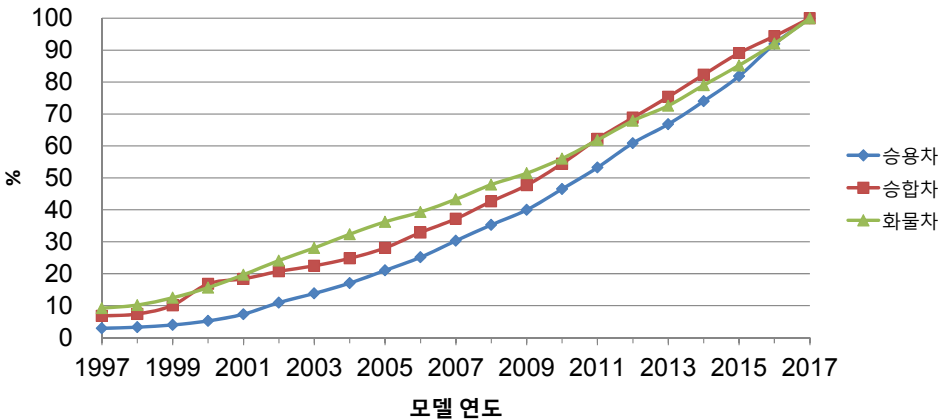
지역	휘발유	LPG	경유	지역	휘발유	LPG	경유
서울	62%	10%	28%	강원	57%	11%	32%
부산	60%	11%	29%	충북	58%	11%	31%
대구	59%	12%	29%	충남	58%	11%	31%
인천	54%	11%	35%	전북	54%	14%	32%
광주	55%	16%	29%	전남	52%	15%	33%
대전	60%	13%	27%	경북	60%	12%	28%
울산	61%	8%	31%	경남	60%	10%	30%
세종	60%	9%	31%	제주	54%	15%	31%
경기	60%	9%	31%	전국	59%	11%	30%

자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

### 3) 연식 구분

연식 역시 사용할 수 있는 국가 통계자료 중 최근 연식 비중을 활용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 국토교통부 통계누리에서 제공하는 ‘2017년 7월 자동차등록자료통계’를 활용할 경우 승용차의 약 50%가 2010년 이전 연식에 해당하였다(그림 3-3 참조). 또한 화물차의 경우 승용차에 비하여 연식이 오래된 차량의 비중이 상대적으로 더 높은 것을 확인할 수 있다. 이러한 통계자료를 활용하면 연식별 배출계수 차이를 적용할 수 있다.

통계자료 활용이 어려울 경우 배출량 산정은 미래의 교통량에 대한 것이므로 배출계수 중 최근 연식에 해당하는 항목으로 선정할 수 있다. 현재 국립환경과학원(2015) 내 승용차의 배출계수 중 최근 연식에 해당하는 것은 ‘2006년 이후’로 ‘2017년 7월 자동차등록자료 통계’를 활용할 경우 이는 79%(전국)에 해당한다. 화물차(대형)의 배출계수 중 최근 연식에 해당하는 것은 ‘2003년 이후’로 같은 자료의 76%에 해당하여 최근 연식으로 활용할 수 있다. 다만 향후 적용시점에 더 최근에 해당하는 배출계수가 개발되어 공표되었을 경우, 이전 연식에 비하여 배출계수가 감소하였을 경향이 높으므로 보수적으로 접근하는 것이 바람직하다. 이 외 택시의 경우는 차량 운영 기한이 정해져 있으므로 최근 연식 배출계수를 활용하여도 무방할 것으로 판단된다.



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 3-3〉 승용차, 승합차와 화물차의 누적 모델 연도

#### 4) 차속 적용

평균 차속의 경우 일반적으로 교통영향평가 시 제공받을 수 있을 것으로 사료되며, 해당 도로의 평균 차속을 적용할 수 있다. 단, 일반적으로 차속이 증가할수록 배출계수가 작아지는 경향이 있으므로 평균 차속이 과대평가되지 않도록 결정하여야 한다. 불가피하게 해당 도로의 평균 차속을 구할 수 없을 경우 국가 통계자료를 활용하거나 보수적인 차속을 적용할 수 있다.

국립환경과학원(2013)에서는 국가 대기오염물질 배출량 산정 시 차량 평균주행속도를 적용하는 방법에 대하여 자세히 기술하였다. 특·광역시(광역시)의 경우 구간별 실측 속도값이 없으면 실측 도로구간을 도심/외곽으로 구분하여 평균 속도를 적용하고, 도심/외곽으로 구분하여 적용할 수 없는 구간은 전 구간 평균 속도를 적용할 것을 제시하였다(표 3-8 참조). 기타 시지역 및 군지역의 경우 7대 특·광역시 도심/외곽 평균 속도의 평균치를 적용하거나, 도로 종류별·차선별로 지정된 제한 속도의 80%를 평균 주행속도로 가정하여 적용할 수 있다(국립환경과학원, 2013).

〈표 3-8〉 특·광역시 도심/외곽 평균 속도(km/hr)

특·광역시(2010년)	도심 평균 속도(km/hr)	외곽 평균 속도(km/hr)
서울	16.6	24.5
부산	31.9	36.2
대구	26.1	31.9
인천	27.69	32.74
광주	34.36	53.93
대전	25.3	35.4
울산	29.1	46.8
7대 특·광역시	평균 32.32	

자료: 국립환경과학원(2013).

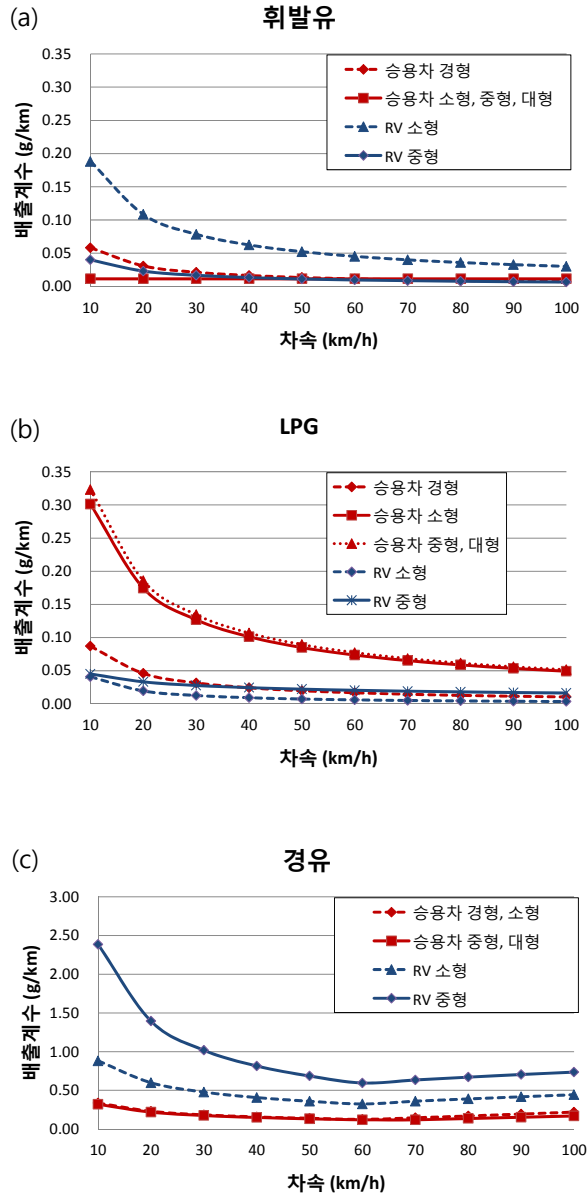
## 나. 대기오염물질별 CAPSS 배출계수 적용 예시

대기오염물질별 2012 CAPSS 배출계수를 적용하기 위하여 앞서 언급한 가정에 활용할 수 있는 방안을 살펴보았다. 크게 승용차, 택시, 버스, 화물차로 차종을 구분하여 각각의 차종별 CAPSS 배출계수 특성을 살펴보고, CAPSS 배출계수를 활용할 경우 기존 방법론을 활용하는 경우와 비교하여 상대적인 크기를 평가하였다.

### 1) NO<sub>x</sub> 배출계수

승용차의 경우 국립환경과학원(2015)의 CAPSS 배출계수 중 승용차와 RV의 NO<sub>x</sub> 배출계수를 비교하였다. 연료별로 비교해 보면 휘발유의 경우 RV 소형의 배출계수가 가장 크고, LPG의 경우 승용차 중형과 대형의 배출계수가 그리고 경유의 경우 RV 중형의 배출계수가 가장 크게 나타났다(그림 3-4 참조). 일반적으로 환경영향평가에서 이용할 수 있는 차량 정보 중 승용차와 RV의 비중을 구분하기 어렵다. 다만 RV는 대부분 경유를 연료로 사용한다고 가정할 수 있다. 따라서 주요 차종을 고려하여 승용차로 구분된 차량을 앞서 설명한 연료별 비중으로 구분하고 CAPSS 배출계수 선정 시 휘발유의 경우 승용차 소형, 중형, 대형 중분류를, LPG의 경우 승용차 중형, 대형 중분류를, 경유의 경우 RV 중형 중분류를 적용하여 배출량을 산정하는 것이 적합한 방법일 수 있다.

앞서 설명한 2012 CAPSS 배출계수 적용방안에 근거하여 차종별로 배출계수를 산정하여 기존 방법론과 비교하였다. 승용차의 경우 서울지역 연료 사용 비중을 활용하고 각 연료별로 최댓값을 나타내는 세부차종을 선택하였다. 각 차종별로 최근 연식에 해당하는 배출계수를 선정하고, 차속은 서울 외곽 평균속도 24.5km/hr를 적용하여 NO<sub>x</sub> 배출계수를 비교하였다(그림 3-5 참조). 택시의 경우 신규 방법론에서 기존 방법론보다 2.4배 작은 값으로 계산되었다. 이는 최근 택시의 배출허용기준이 강화된 상황이 반영된 결과로 볼 수 있다. 그 외 승용차, 버스(CNG), 소형화물차, 중형화물차, 대형화물차는 2.1~76배의 차이를 보였다. 이는 차종 구분의 현실화 및 최근 개발된 배출계수를 적용한 데서 오는 차이로 해석된다. 해당 비교는 하나의 사례를 가정한 것이므로 환경영향평가 사례별로 차이가 다르게 나타날 것으로 사료된다.



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

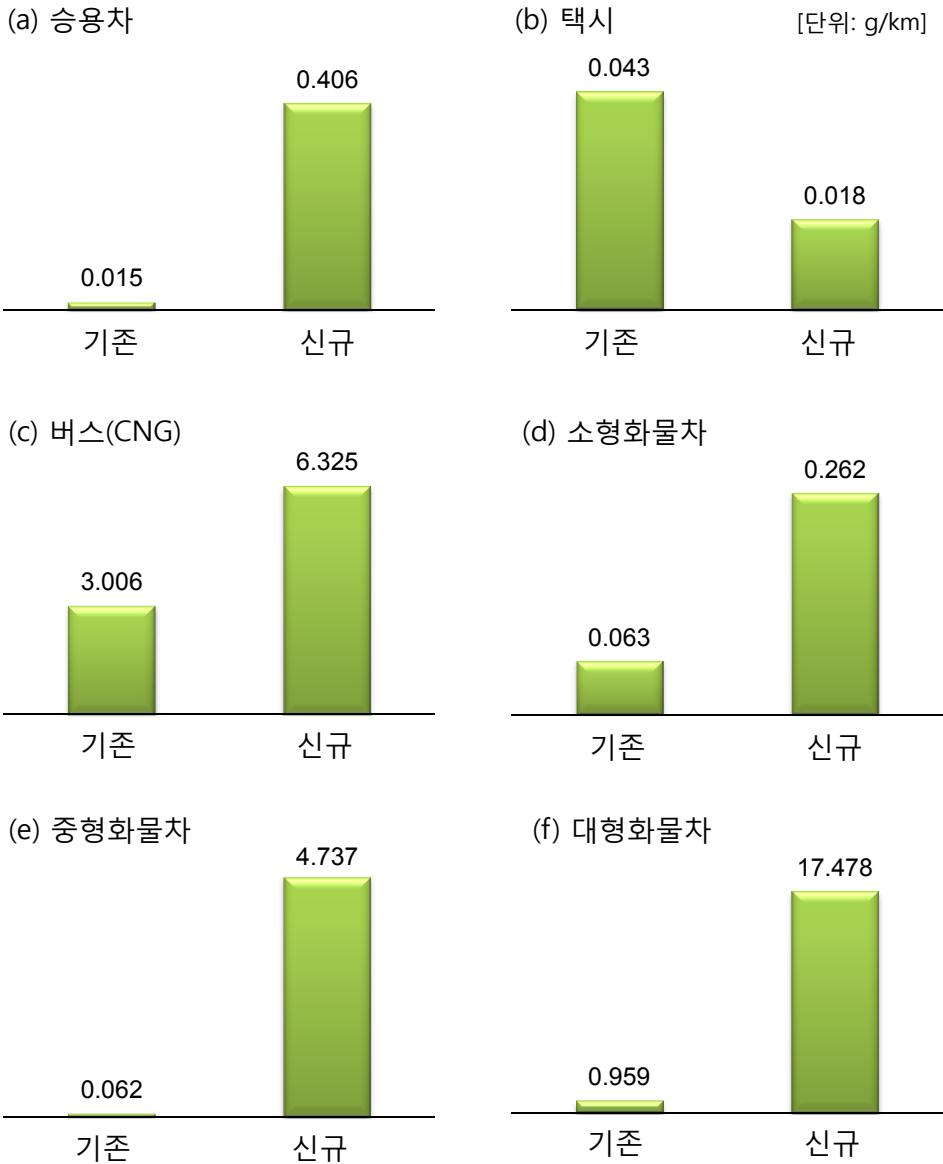
〈그림 3-4〉 연료별 승용차와 RV의 차속에 따른 NOx 배출계수('06년 이후 연식 적용)

## 2) PM<sub>10</sub> 및 PM<sub>2.5</sub> 배출계수

경유차는 휘발유나 LPG 차량과 다르게 입자상 물질이 배출되므로, 승용차에 해당하는 2012 CAPSS 배출계수의 세부차종별(승용차 및 RV) PM<sub>10</sub> 배출계수를 비교하였다. 국립환경과학원(2015)을 참조할 경우 PM<sub>2.5</sub>는 PM<sub>10</sub>의 0.92 비중으로 제시된다.

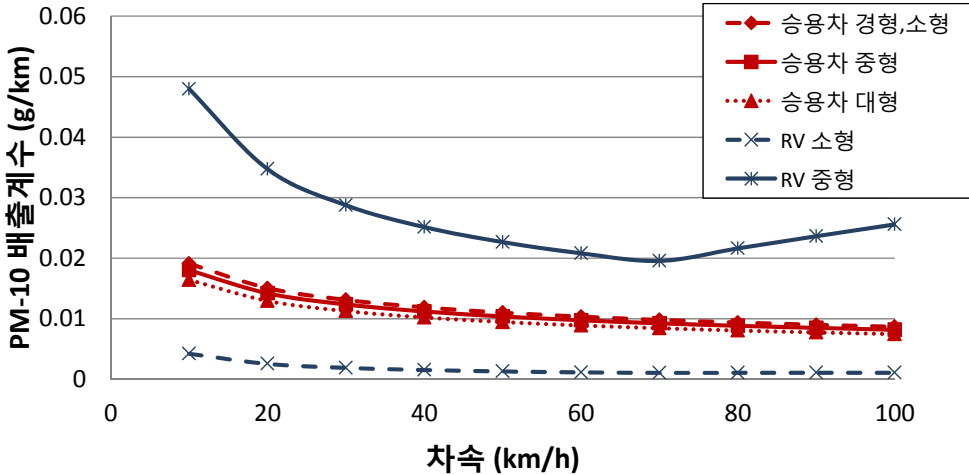
국립환경과학원(2015) 내 승용차와 RV의 PM<sub>10</sub> 배출계수를 비교할 경우 RV 중형의 배출계수가 가장 큼을 알 수 있다(그림 3-6 참조). 기존의 환경영향평가 시에는 승용차의 경우 휘발유로 가정하여 승용차에서 배출되는 PM<sub>10</sub>은 고려하지 않았으나, 국립환경과학원(2015) 내 RV 중형의 PM<sub>10</sub> 배출계수를 고려하면 경유 승용차에서 배출되는 PM의 영향을 반영할 수 있다.

승합차의 경우 승용차 및 RV에 비하여 PM<sub>10</sub> 배출계수가 높으므로(그림 3-7 참조), 환경영향평가 시 예측된 차량의 구성 내에서 승합차가 구분될 경우 이를 별도로 적용할 필요가 있다. 또는 앞서 언급한 것과 같이 승합차의 경우 차량 대수 예측 시 승용차로 구분될 수도 있으므로, 승용차와 승합차의 비율을 고려하여 가중평균하는 것이 바람직하다.



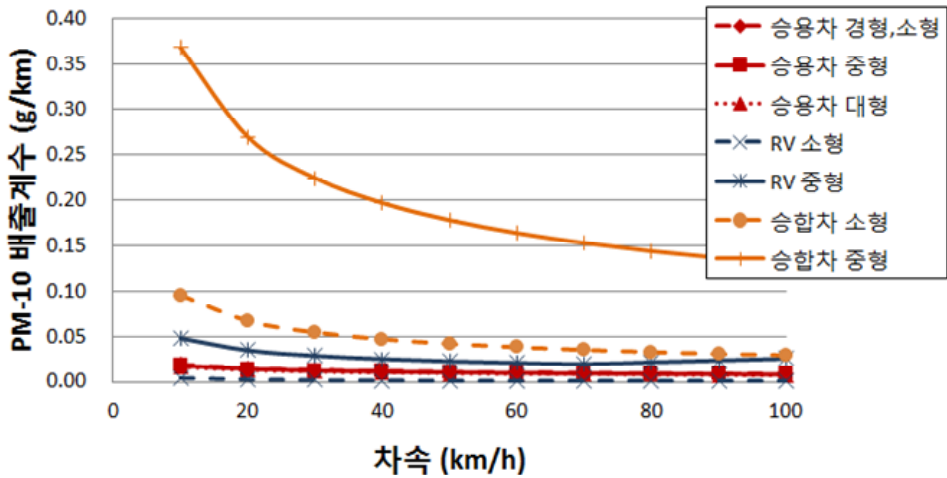
자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 3-5〉 차종별 기존 방법론과 신규 방법론(2012 CAPSS 배출계수, 최신 연식계수, 서울 외곽 평균 속도 24.5km/hr 적용)의 NOx 배출계수 비교(g/km)



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

<그림 3-6> 국립환경과학원(2015) 내 승용차와 RV의 PM<sub>10</sub> 배출계수의 차속에 따른 비교



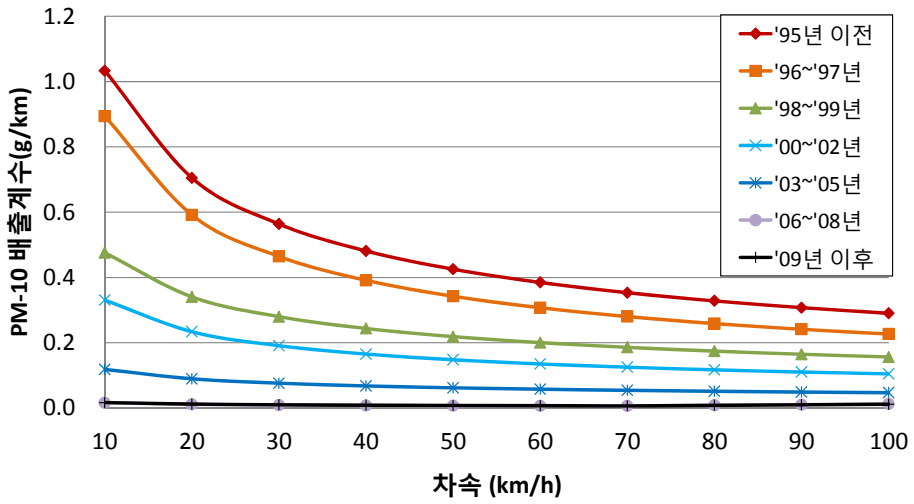
자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

<그림 3-7> 국립환경과학원(2015) 내 승용차, RV 및 승합차의 PM<sub>10</sub> 배출계수의 차속에 따른 비교

경유 버스와 화물차의 경우 대부분 경유를 연료로 사용하므로 PM<sub>10</sub> 배출계수를 고려하여야 한다. 2012 CAPSS 배출계수에서 제공하는 연식에 따른 PM<sub>10</sub> 배출계수를 살펴보면, 중형

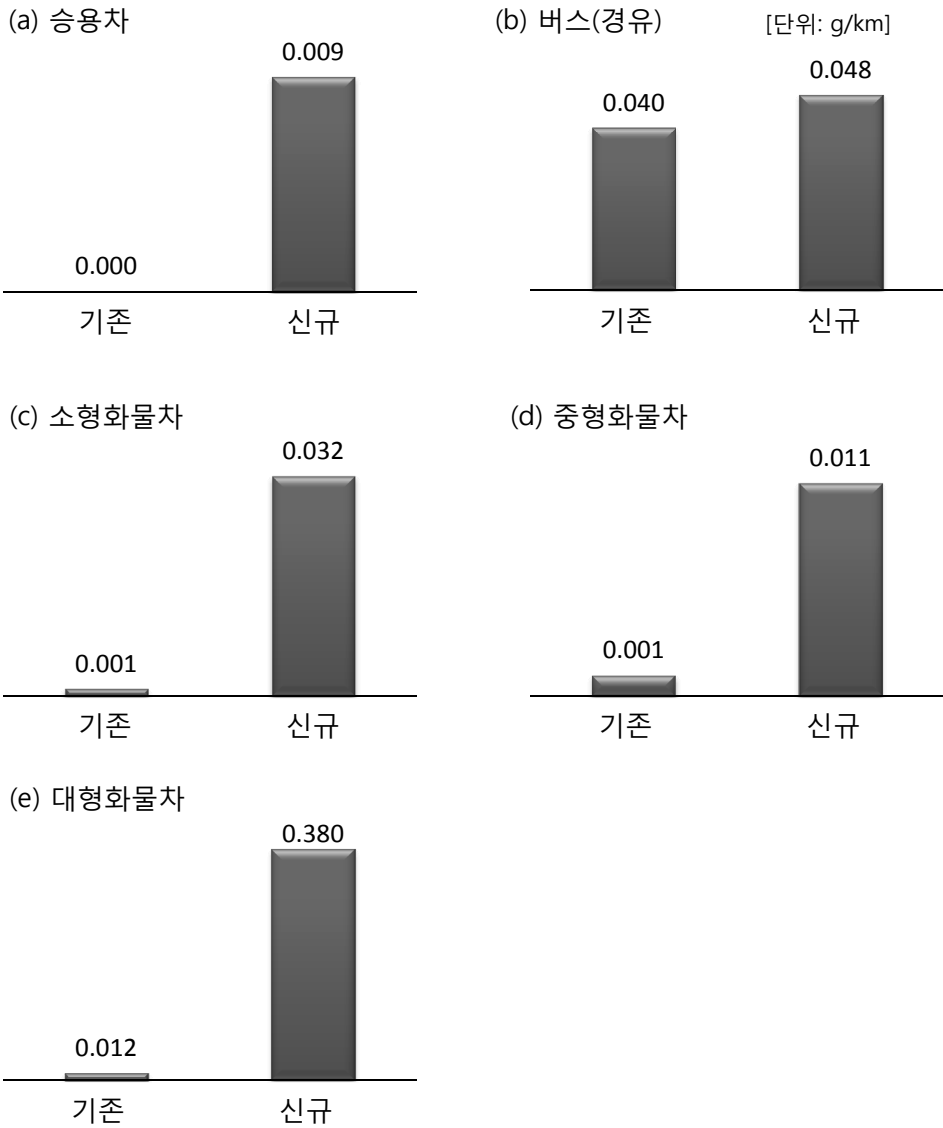
화물차의 경우 1995년 이전 연식 차량은 2009년 이후 연식 차량에 비하여 50배 이상 큰 값을 가지는 것을 볼 수 있다(그림 3-8 참조). 이는 노후 화물차의 조기폐차를 위한 정책 이행이 의미 있음을 보여 주는 일부 근거가 될 수 있으며, 환경영향평가 시 공사장에서 노후 화물차량을 이용하지 않도록 유도할 필요가 있을 것으로 판단된다. 다만, 운영 시의 화물차에 대해서는 앞서 언급한 것과 같이 2006년 이후 차량의 비중이 크므로 최근 연식을 적용할 수 있다.

앞서 설명한 2012 CAPSS 배출계수 적용방안에 근거하여 차종별로  $PM_{10}$  배출계수를 산정하고 기존 방법론과 비교하였다.  $NO_x$  배출계수 비교 시와 마찬가지로 승용차의 경우 서울지역 연료 사용 비중을 활용하고, 각 연료별로 최댓값을 나타내는 세부차종을 선택하였다. 각 차종별로 최근 연식에 해당하는 배출계수를 선정하고, 차속은 서울 외곽 평균 속도 24.5km/hr를 적용하였다(그림 3-9 참조). 승용차의 경우 신규 방법론에서 다른 차종에 비하여 상대적으로 값이 작지만 경우 승용차의 영향을 반영하여 산출되었고, 버스(경유)의 경우 기존 값과 유사하게 계산되었다. 화물차의 경우 크기에 따라 11~32배 정도 값이 커지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 앞서 언급한 것과 같이 차종 구분의 현실화와 최근 개발된 배출계수를 적용한 결과에서 오는 차이로 해석되며, 하나의 사례를 가정하여 비교한 것이므로 환경영향평가 사례별로 차이가 다르게 나타날 것으로 사료된다.



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 3-8〉 경유 중형화물차의 차속에 따른 PM<sub>10</sub> 배출계수의 연식별 차이



자료: 연구자료를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 3-9〉 차종별 기존 방법론과 신규 방법론(2012 CAPSS 배출계수, 최신 연식계수, 서울 외곽 평균 속도 24.5km/hr 적용)의 PM<sub>10</sub> 배출계수 비교(g/km)

## 제4장

### 개선방안(2): 미고려사항에 대하여

#### 1. 도로 재비산먼지 고려방안

환경영향평가 내 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 시 도로 재비산먼지는 현재 대부분의 평가서에서 고려되지 않는다. 도로 재비산먼지의 영향을 살펴보기 위해서는 US EPA(2011)에서 제공하는 도로 재비산먼지 배출량 산정방법을 활용할 수 있다. 현재 이 방법은 2012 CAPSS 내 도로 재비산먼지 배출량 산정 시 활용된다.

도로 재비산먼지 배출량은 아래 식으로 구할 수 있다(US EPA, 2011).

$$E = VKT \times EF / 1000$$

여기서  $E$ 는 배출량(kg/yr),  $VKT$ 는 주행거리(km/yr),  $EF$ 는 먼지배출계수(g/km) 그리고 1000은 단위 환산계수이다.

먼지배출계수( $EF$ )는 아래 식으로 구할 수 있다(US EPA, 2011).

$$EF = k(sL)^{0.91} \times (W)^{1.02}$$

여기서  $k$ 는 TSP의 경우 3.23,  $PM_{10}$ 의 경우 0.62,  $PM_{2.5}$ 의 경우 0.15(단위: g/VKT)로 적용한다.  $sL$ 은 도로표면 silt 부하량( $g/m^2$ )이고  $W$ 는 평균 차중(ton)이다.

이와 더불어 장기간 또는 연평균을 구하려고 할 때는 강수일을 고려한 아래 식을 적용할 수 있다(US EPA, 2011).

$$E_{ext} = [k(sL)^{0.91} \times (W)^{1.02}](1 - P/4N)$$

$P$ 는 평균 기간 내 최소 0.254mm 이상의 강수일을 의미하며,  $N$ 은 평균 기간의 날짜(예: 일 년은 365, 계절은 91, 한 달은 30)를 의미한다.

앞서 설명한 US EPA(2011)에서 제공하는 배출계수를 활용하기 위해서는 silt 부하량과 평균 차중 정보가 필요하다. 이는 국립환경과학원(2013)에서 제공하는 정보를 활용할 수 있다. 국립환경과학원(2013)에서는 국립환경과학원(2008)에서 제시한 도로별 silt 부하량을 <표 4-1>과 같이 제시한다. 이와 더불어 차종별 평균 차중 역시 박태권 외(1988) 자료를 인용하여 <표 4-2>와 같이 제공한다.

<표 4-1> 포장도로 재비산먼지 부문 도로별 silt 부하량

도로	sL(g/m <sup>2</sup> )	도로	sL(g/m <sup>2</sup> )
고속국도	0.01	지방도	0.12
일반국도	0.06	특·광역시도	0.06 / 0.1*
국지도	0.08	일반시도	0.06

주: \*인천은 0.1g/m<sup>2</sup> 적용, 그 외 특·광역시는 0.06g/m<sup>2</sup> 적용.  
 자료: 정용원 외(2008): 국립환경과학원(2013) p.215에서 재인용.

<표 4-2> 포장도로 재비산먼지 부문 차종별 차중

차종	크기	차중(톤)	차종	크기	차중(톤)
승용차	경형	0.58	버스	전세버스	5.58
승용차	소형	1.6	버스	고속버스	5.58
승용차	중형	1.6	버스	기타	5.58
승용차	대형	1.6	화물차	경형	0.58
택시	소형	1.6	화물차	소형	1.6
택시	중형	1.6	화물차	중형	4.02
택시	대형	1.6	화물차	대형	8.11
승합차	경형	0.58	화물차	특수	9.36
승합차	소형	1.6	특수차	구난차	8.42
승합차	중형	5.58	특수차	견인차	2.46
승합차	대형	5.58	특수차	기타	2.46
승합차	특수	2.6	RV	소형	1.6
버스	시내버스	5.58	RV	중형	1.6
버스	시외버스	5.58			

자료: 박태권 외(1988): 국립환경과학원(2013) p.216에서 재인용.

## 2. 도로이동오염원 배출 특정대기유해물질 고려방안

### 가. 단계별 검토사항

특정대기유해물질의 경우 도로이동오염원 배출의 영향은 현재 환경영향평가 시 고려되지 않는다. 그러나 발암물질의 중요성과 그에 대한 관심이 높아지고 특정대기유해물질에 대한 배출계수 연구 역시 진행되고 있으므로, 시기적으로 이에 대한 고려를 적용하는 것이 바람직하다.

단계별로 적용하기 위한 법적 검토사항을 살펴보면, 「대기환경보전법」 제46조에서 자동차에서 나오는 오염물질에 대해 대통령령(「대기환경보전법」 시행령 제46조)으로 정해 두었다(표 4-3 참조). 이 중 휘발유, 알코올 또는 가스를 사용하는 자동차의 경우 탄화수소와 알데히드 항목이, 경유차를 사용하는 자동차의 경우 탄화수소 항목이 특정대기유해물질과 관련된다고 볼 수 있다(표 4-4 참조).

〈표 4-3〉 「대기환경보전법」 제46조(제작차의 배출허용기준 등)

- ① 자동차(원동기를 포함한다. 이하 이 조, 제47조부터 제50조까지, 제50조의2, 제50조의3, 제51조부터 제56조까지, 제82조제1항제6호, 제89조제6호·제7호 및 제91조제4호에서 같다)를 제작(수입을 포함한다. 이하 같다)하려는 자(이하 “자동차제작자”라 한다)는 그 자동차(이하 “제작차”라 한다)에서 나오는 오염물질(대통령령으로 정하는 오염물질만 해당한다. 이하 “배출가스”라 한다)이 환경부령으로 정하는 허용기준(이하 “제작차배출허용기준”이라 한다)에 맞도록 제작하여야 한다.
- ② 환경부장관이 제1항의 환경부령을 정하는 경우 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다.
- ③ 자동차제작자는 제작차에서 나오는 배출가스가 환경부령으로 정하는 기간(이하 “배출가스보증기간”이라 한다)동안 제작차배출허용기준에 맞게 성능을 유지하도록 제작하여야 한다.
- ④ 자동차제작자는 제48조제1항에 따라 인증받은 내용과 다르게 배출가스 관련 부품의 설계를 고의로 바꾸거나 조작하는 행위를 하여서는 아니 된다.

자료: 국가법령정보센터, “대기환경보전법”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.9.15.

〈표 4-4〉 대기환경보전법 시행령 제46조(배출가스의 종류)

<p>법 제46조제1항에서 “대통령령으로 정하는 오염물질”이란 다음 각 호의 구분에 따른 물질을 말한다.</p> <p>1. 휘발유, 알코올 또는 가스를 사용하는 자동차</p> <p>가. 일산화탄소</p> <p>나. 탄화수소</p> <p>다. 질소산화물</p> <p>라. 알데히드</p> <p>2. 경유를 사용하는 자동차</p> <p>가. 일산화탄소</p> <p>나. 탄화수소</p> <p>다. 질소산화물</p> <p>라. 매연</p> <p>마. 입자상물질(粒子狀物質)</p>
---

자료: 국가법령정보센터, “대기환경보전법”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.9.15.

도로이동오염원 특정대기유해물질 배출 고려의 단계별 적용을 위해 현재까지 이와 관련된 연구 진행사항을 살펴보았다. 국립환경과학원에서는 2004년부터 2006년까지 ‘이동오염원의 유해독성물질(HAPs) 배출계수 산정연구(I)~(III)’를 진행하고 도로이동오염원에서 배출되는 특정대기유해물질의 배출계수를 정리한 바 있다. 이후에도 ‘자동차 유해독성물질 배출량 산출 및 시스템 구축 연구(장영기 외, 2012)’, ‘수송부문 유해독성물질 배출량 산출 및 배출 통계 시스템 구축 연구(장영기 외, 2014)’ 등 도로이동오염원에서 배출되는 특정대기유해물질의 배출량 산정을 위한 연구를 지속적으로 진행해 왔다.

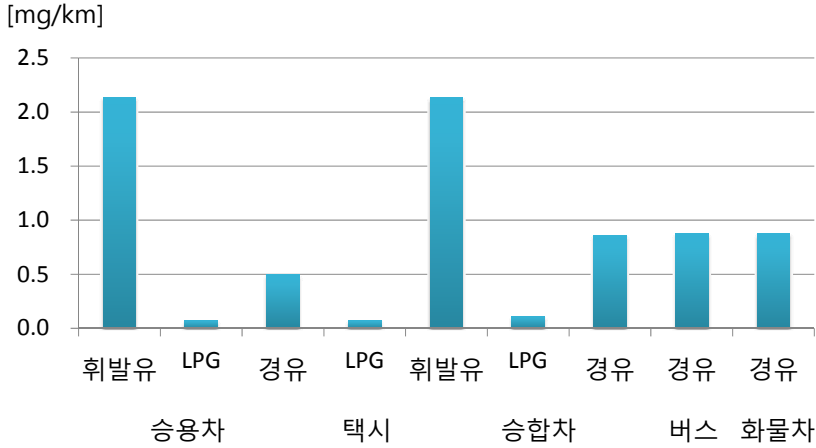
마지막으로 단계별 적용을 위해 검토해야 할 사항은 환경영향평가에 대한 적용 요건이다. 환경영향평가에서 모든 사항을 다룰 수는 없으므로 환경영향평가의 특성에 적합한 사항을 선정할 필요가 있다. 환경영향평가는 현황조사, 발생량 산정, 영향예측, 저감방안의 순서로 이루어지므로 평가가 가능한 물질을 대상으로 선정해야 한다. 또한 대기 중에 준수해야 할 기준이 마련되어 있어야 평가가 가능하다. 더불어 비용적인 측면 역시 고려해야 할 부분이다.

## 나. 우선순위 비교

상기 단계별 검토사항을 참조하여 도로이동오염원에서 배출되는 특정대기유해물질에 대한 우선순위를 비교하여 선정할 필요가 있다. 본 연구에서는 이에 대한 예시로 '자동차 유해독성 물질 배출량 산출 및 시스템 구축 연구'에서 제시된 발암 위해도와 비발암 위해도를 고려한 우선순위 결과를 활용할 수 있다(장영기 외, 2012). 배출량과 발암 위해도를 고려한 상대적 우선순위를 살펴보면 formaldehyde, naphtalene, 1,3-butadien, benzene, acetaldehyde, ethlybenzene, benzo(a)pyrene, pyrene, fluoranthene, nickel 순으로 나타났다. 또한 배출량과 비발암 위해도를 고려할 경우, acrolein, actaldehyde, 1,3-butadien, propionaldehyde, formaldehyde, naphtalene, cadmium, nickel, benzene, m,p-Xlnene 순으로 나타났다.

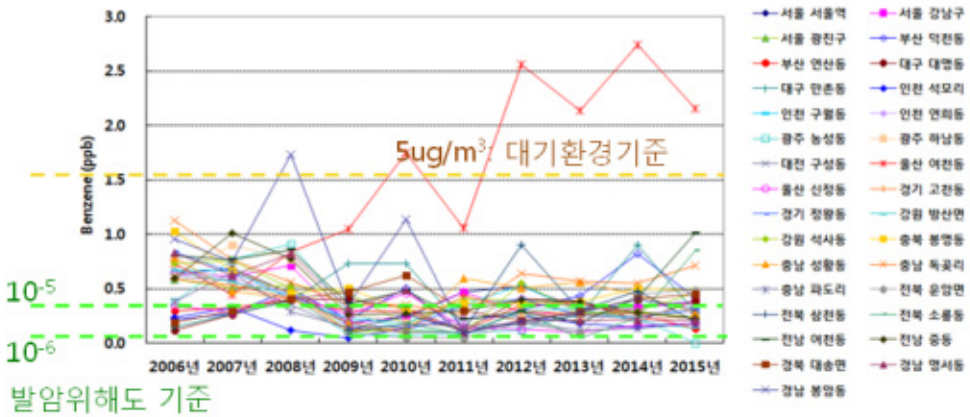
현재 배출량과 위해도를 고려하여 우선순위가 높은 물질들 중에서 측정하며, 대기환경 기준이 있는 benzene의 경우 환경영향평가에 쉽게 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 휘발유의 벤젠 배출계수가 경유나 LPG에 비하여 큼을 볼 수 있다(그림 4-1 참조). 유해대기물질측정망에서 측정된 벤젠 현황농도를 살펴보면 울산 여천동의 경우 대기환경기준( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하였으며, 대부분의 지역이 발암 위해도 기준 중 10-6을 초과하였다. 그중 10-5를 초과한 지역도 상당수 확인할 수 있다(그림 4-2 참조). 이 정보를 활용하면 benzene 현황농도가 높은 지역에 차량에서 배출되는 benzene의 영향에 대한 고려를 우선 적용하는 방안도 검토할 수 있을 것이다.

장영기 외(2012)의 발암 위해도 우선순위에서 입자상 물질을 고려할 경우 benzo(a)pyrene을 고려할 수 있다. 일반적으로 benzo(a)pyrene의 경우 휘발유 차량에 비하여 경유 차량의 배출계수가 더 크다(장영기 외, 2012). 다만 benzo(a)pyrene은 환경영향평가 내 일반적인 현황조사 물질이 아니므로, 향후 해당물질의 배경농도 및 측정방법 등을 고려하여 환경영향평가 내 적용시기를 결정할 필요가 있다.



자료: 장영기(2012)를 바탕으로 저자 작성.

〈그림 4-1〉 benzene의 차종별, 연료별 배출계수(mg/km)



자료: 국립환경과학원(2016)을 바탕으로 저자 수정.

〈그림 4-2〉 2015년 지역별 벤젠 연평균 농도

## 제5장

### 결론 및 제언

#### 1. 결론

본 연구에서는 환경영향평가서 내 도로이동오염원 대기오염물질과 관련된 평가방법의 현황 및 문제점을 살펴보고 개선방안을 도출하고자 하였다. 먼저, 환경영향평가서 내 도로이동오염원과 관련된 대기질 평가방법 및 문제점과 실제 도로변 대기오염물질 현황을 분석하였다. 이에 따라 기존 활용 방법 가운데 개선이 필요한 부분에 대하여 대안을 검토하고 개선안을 도출하였다. 또한 환경영향평가 시 고려되지 않았던 부분에 대하여 향후 도입방안을 검토하였다.

현재 환경영향평가에서는 교통량 정보와 대기오염물질 배출계수 적용 시 차종 구분에 오류가 있다. 예를 들어, 승용차의 경우 일괄적으로 휘발유 차량으로 가정하여 경유 승용차의 영향을 반영하지 못하거나, 화물차의 차종에 대한 고려가 적절하지 못해 과소평가하는 경우가 빈번했다. 더불어 도로이동오염원 대기오염물질 배출계수로 주로 활용되는 환경부 고시(제 2013-94호)의 경우 기존 목적에 맞도록 개정되어(환경부 고시 제2017-166호) 향후 환경영향평가 내에서 사용하기에 적절하지 않으므로 이에 대한 대안이 필요한 실정이다. 또한 도로 재비산먼지 및 도로이동오염원에서 배출되는 특정대기유해물질의 경우 점차 중요성이 부각되고 있으나, 현재 환경영향평가 시 고려되지 않는 문제점이 있으므로 이에 대한 적용 방안 마련이 필요하다.

본 연구에서는 상기 제시한 문제점 해결의 중요성을 뒷받침하기 위해 실제 도로변 대기질과 주거지역 대기질을 비교하였다. 2015년부터 2016년까지 서울지역 내 도시대기측정망과 도로변대기측정망 중 인근지역에 위치한 도로변대기측정소와 도시대기측정소 간에

작 측정소를 선정하고 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> 및 CO 농도를 비교하였다. 이 중 NO<sub>2</sub>의 경우 작 측정소 9곳 모두 도로변측정소의 값이 크게 나타났으나 PM<sub>2.5</sub>는 차이가 두드러지게 나타나지 않았다. 이는 차량에서 배출되는 NO<sub>2</sub>의 영향이 도로변에서는 직접적으로 나타나는 반면, PM<sub>2.5</sub>의 영향은 차량 이외의 오염원 원인 및 이차생성 반응기작 등으로 직접적으로 드러나지 않은 것으로 볼 수 있다.

도로변 특정대기유해물질 측정망은 별도로 구성하지 않았으나, 도로변에서 휘발성유기화합물 또는 다환방향족탄화수소 등을 측정할 선행 연구를 검토해 볼 때, 차량에서 배출되는 물질의 영향이 도로변 측정값에서 직접적으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 도로 재비산 먼지의 경우 환경부 훈령 제718호 「도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정」을 근거로 한국환경공단에서 도로 재비산먼지의 측정 업무 등을 이행 중이므로, 국가적으로 중요성을 인식하고 측정 및 관리를 시작한 것으로 이해할 수 있다.

이에 본 연구에서는 먼저 기존 도로이동오염원에서 배출되는 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>와 NO<sub>2</sub>의 배출량 산정 시 배출계수의 오류를 개선하기 위하여, 국가 대기오염물질 배출량 산정 시 활용되는 대기정책지원시스템(CAPSS: Clean Air Policy Support System)의 배출계수를 살펴보고 차종별, 연료별, 연식별 통계자료를 활용하여 환경영향평가 내 적용방안을 제시하였다. 그리고 교통량 정보에서 얻는 차종 구분과 2012 CAPSS 배출계수 내 차종 구분의 차이점을 확인하고 이를 연계하는 방안을 검토하였다. 교통량 정보에서 제공되는 승용차의 차종에는 2012 CAPSS 배출계수 내 승용차, 승합차, 택시, RV가 모두 해당된다. 이에 따라 연료별로 배출계수가 가장 높은 세부차종을 선택하는 것이 보수적인 접근방법일 수 있다. 이때 연료의 경우 '국토교통부 통계누리'에서 제공하는 통계를 활용하여 전국 및 지자체별로 비중을 확인하였다. 승용차의 경우 전국 기준으로 휘발유가 59%, LPG가 11%, 경유가 30%의 비중을 차지하였다. 택시와 시내버스에는 각각 일반적으로 LPG와 CNG를 적용하고, 승합차와 화물차에는 경유를 적용하는 것이 적합하다. 연식의 경우 2012년 CAPSS 배출계수에서 다양한 연식에 해당하는 차량의 배출계수를 제공하고 있으나, 환경영향평가의 경우 미래 교통량에 대한 예측 부분과 최근 연식에 해당하는 차량의 비중이 높음을 감안할 때 최근 연식에 해당하는 배출계수를 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 차속의 경우 신규 건설될 도로의 평균 차속을 활용하거나, 해당 정보 산출이 어려운 경우 국가 배출량 산정방법을

활용하여 해당 지자체의 평균 속도 및 도로 제한 속도의 80%를 적용할 수 있다.

기존 방법론과 신규 배출계수 적용방법을 비교하였을 때, 승용차는 연료 비중을 고려하고 각 차종별로 2012년의 최근 연식계수를 활용하여 서울 외곽 평균 속도(24.5 km/hr)를 적용할 경우 택시는 기존에 비하여 NO<sub>x</sub> 배출계수값이 감소하였다. 반면 승용차, 버스(CNG), 화물차는 2.1~76배가량 증가하였다. PM은 승용차의 경우 신규 적용방법을 활용할 때 새롭게 경유 승용차의 배출 영향을 고려할 수 있으며, 버스의 경우 기존 적용 배출계수와 신규 적용에 따른 배출계수가 유사하게 나타났다. 화물차의 경우 크기에 따라 11~32배가량 차이를 나타냈다. 이는 차종 분류의 현실적인 적용과 최근 개발된 배출계수를 적용한 데 따른 차이로 해석할 수 있다.

또한 현재 환경영향평가 시 고려 대상이 아닌 도로 재비산먼지의 경우 US EPA(2011)에서 제공하는 배출량 산정방법을 활용할 수 있도록 제시하였다. 이는 도로표면 silt 부하량 및 평균 차중과 관련되며, 국가 대기오염물질 배출량 산정 시 활용되는 도로별 및 차종별 값을 인용하여 제시함으로써 환경영향평가 시 고려 가능성을 확인하였다. 차량에서 배출되는 특정 대기유해물질의 종류는 매우 다양하나, 환경영향평가 내에서 모두 고려할 수 없는 절차적 제한이 있으므로 우선순위가 높은 물질을 선정하여 단계적으로 적용할 필요가 있다. 예를 들어, 휘발성물질 중에서 benzene의 경우 현황 측정방법이 공인되었고, 대부분의 환경영향평가 사업에서 현황을 조사 중이다. 또한 차종별 및 연료별 배출계수가 연구되어 제시된 바 있으며, 차량의 배출량 및 발암성과 비발암성 위해도 고려 시 우선순위가 높은 물질이므로 향후 우선적으로 고려할 수 있을 것으로 보인다.

다만, 본 연구의 경우 환경영향평가에서 활용된 배출계수 자료와 같이 사용자 편의적인 값을 도출하지 않은 한계점이 있으며, 특정대기유해물질 고려에 있어서도 도입의 기초수준으로 같은 한계가 있다. 이에 향후 교통환경연구소 등 자동차 배출계수 전문가 그룹과 연계된 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 2. 정책 제언

### 가. 환경영향평가 시 도로이동오염원 영향의 정확도 향상 필요

본 연구는 환경영향평가 시 도로이동오염원 배출량 산정 시 기존에 활용하던 방법론의 문제점을 제시하고, 최근 연구한 CAPSS 배출계수를 활용할 경우 많은 오류를 개선할 수 있음을 확인하였다. 이에 본 연구결과를 활용할 경우 환경영향평가가 좀 더 정량적으로 이루어지고 환경영향평가서의 신뢰도 및 정확도도 향상될 것이므로, 향후 환경영향평가서 작성 가이드라인에 최근 개선된 산정방법을 적용하도록 개정할 필요가 있다. 이는 환경부 또는 환경영향평가와 관련된 전문기관에서 실시하여야 하며, 부록의 예시와 같이 실제 환경영향평가서 작성 시 이러한 결과를 활용할 수 있도록 가이드라인을 만들어서 환경영향평가협회, EIASS 시스템 등에 공지하는 것이 바람직하다. 이때, 국립환경과학원에서 도로이동오염원 배출계수를 수정·보완할 때마다 환경영향평가 적용 시 주의사항을 확인하고 업데이트 하여 제공할 필요가 있다. 더불어 환경영향평가 전문기관은 교통환경연구소와 긴밀한 협조 및 연구 체계를 구성하여 도로이동오염원 배출계수와 관련된 최신 연구결과에 관하여 논의하고, 이를 환경영향평가에 활용하여야 할 것이다.

### 나. 전략환경영향평가 시 도로이동오염원 영향의 중요성 상향 조정 필요

현재 도로이동오염원에서 배출되는 대기오염물질의 영향을 과소평가하고 있으나, 향후 개선된 방법을 적용하여 개발사업 진행 시 유발되는 교통량의 영향을 간과해서는 안 된다. 이는 향후 도로사업의 노선 선정 또는 도시개발사업의 주거시설 배치 등에 개선된 정보를 활용함으로써 도로이동오염원의 영향을 최소화하는 방향으로 정책을 구현하는 데 뒷받침이 될 것이다.

### 다. 예비타당성 조사 시 도로이동오염원 편익 산출의 개선 필요

본 연구에서는 기존에 활용 중인 환경부 고시(제2013-94호) 및 CAPSS 배출계수와 함께 예비타당성조사(김강수 외, 2008)와 국토교통부 고시(제2016-682호)에서 활용 중인 도로

이동오염원 배출계수의 경우, 특정 시기 및 특정 목적으로 한정하여 정리한 배출계수이다. 이는 주기적으로 업데이트하지 않을 경우 새로운 과학적 사실을 충분히 반영할 수 없는 한계를 지닐 수 있다. 앞서 언급한 것과 같이 예비타당성조사에 활용 중인 배출계수의 경우 승용차의 PM 배출계수가 '0'으로 제시되는 등의 현재 상황을 제대로 반영하지 못하므로, 향후 예비타당성조사 지침 개편 시 도로이동오염원 배출계수 역시 중요 개편 사항으로 삼아야 할 것이다.

## | 참고문헌 |

### [국내문헌]

- 곽경환 외(2015), “도로 협곡에서 옥상과 도로상의 오염물질 농도 상관성 분석”, 「한국기상학회 가을학술대회 논문집」, 2015(10), 한국기상학회, pp.382-383.
- 국립환경과학원(2004), 「이동오염원의 유해독성물질(HAPs) 배출계수 산정 연구(I)」.
- 국립환경과학원(2005), 「이동오염원의 유해독성물질(HAPs) 배출계수 산정 연구(II)」.
- 국립환경과학원(2006), 「이동오염원의 유해독성물질(HAPs) 배출계수 산정 연구(III)」.
- 국립환경과학원(2008), 「비산먼지 배출량 산정방법 개선 및 도로 재비산먼지 실시간 측정방법 개발(I, II)」.
- 국립환경과학원(2013), 「대기오염물질 배출량 산정방법 편람(III)」.
- 국립환경과학원(2015), 「대기오염물질 배출계수」.
- 국립환경과학원(2016), 「대기환경연보 2015」.
- 김강수 외(2008), 「도로·철도 부분 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」, 한국개발연구원.
- 김득수 외(2016), “서울 도심대기의 NO, NO<sub>2</sub>와 O<sub>3</sub> 사이의 대기화학적 특성 연구”, 「한국대기환경학회지」, 32(4), 한국대기환경학회, pp. 422-434.
- 김지영 외(2002), 「환경영향의 합리적 예측 평가를 위한 기법 연구」, 한국환경정책·평가연구원.
- 김재진, 백종진(2005), “CFD 모형을 이용한 도시 지역 흐름 및 스칼라 분산 연구”, 「Asia Pacific Journal of Atmospheric Sciences」, 41(5), 한국기상학회, pp.733-749.
- 박태권 외(1988), 「도로 포장설계지침서 작성서 및 자동차 축하중 조사연구」, 건설교통부.
- 배귀남, 이승복(2009), “서울 도심지역 도로변의 자동차 배출 대기오염물질의 오염 특성”, 「한국자동차공학회 부문종합 학술대회」, 2009(4), 한국자동차공학회, pp.340-345.
- 선우영 외(2012), 「교통량 밀집지역의 자동차 대기오염 영향연구」, 국립환경과학원.
- 이제승 외(2011), “서울시 도로변, 터널 및 주거지역 대기 중 유해 휘발성 유기화합물의 특성”, 「한국대기환경학회지」, 27(5), 한국대기환경학회, pp.558-568.

- 이지이 외(2008), “서울시 도로변에서 입자상 다환방향족탄화수소의 농도 특성”, 『한국대기환경학회지』, 24(2), 한국대기환경학회, pp.133-142.
- 장영기 외(2012), 「자동차 유해독성물질 배출량 산출 및 시스템 구축 연구」, 국립환경과학원.
- 장영기 외(2014), 「수송부문 유해독성물질 배출량 산출 및 배출통계 시스템 구축 연구(I)」, 국립환경과학원.
- 장영기 외(2015), 「수송부문 유해독성물질 배출량 산출 및 배출통계 시스템 구축 연구(II)」, 국립환경과학원.
- 정용원 외(2008), 「비산먼지 배출량 산정방법 개선 및 도로재비산 먼지 실시간 측정방법 개발」, 국립환경과학원.
- 철도청(2003), 「철도투자 평가편람」.
- 한국개발연구원(2017), 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제 6판)」, 전문가 간담회 자료.
- 한국철도시설공단(2010), 「철도투자평가편람 전면개정 연구」.
- 환경부(2006), 정보마당 간행물.

#### [국외문헌]

- Xie, S. et al.(2003), “Spatial Distribution of Traffic-related Pollutant Concentrations in Street Canyons”, *Atmospheric Environment*, 37(23), Elsevier Science B.V., Amsterdam., pp.3213-3224.
- WHO, Joint WHO/Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution (2006), “Health Risks of Particulate Matter from Long-Range Transboundary Air Pollution”, European Centre for Environment and Health, Bonn Office, 99 pp.

#### [온라인 자료]

- 경북도청이전신도시(2단계) 건설사업 환경영향평가서(2017.3), <http://www.eiass.go.kr>, 검색일: 2017.8.27.
- 교통량 정보제공 시스템, “차종분류표”, [http://www.road.re.kr/intro/intro\\_04.asp?mai](http://www.road.re.kr/intro/intro_04.asp?mai)

- n\_no=4&sub\_no=1, 검색일: 2017.11.7.
- 국가법령정보센터, “교통시설 투자평가지침”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.11.7.
- 국가법령정보센터, “교통영향평가 지침”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.11.7.
- 국가법령정보센터, “대기환경보전법”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.9.15.
- 국가법령정보센터, “도로 재비산먼지 이동측정 운영에 관한 규정”, <http://www.law.go.kr>,  
검색일: 2017.9.21.
- 국가법령정보센터, “도시교통정비 촉진법”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.8.27.
- 국가법령정보센터, “자동차관리법 시행규칙”, <http://www.law.go.kr>, 검색일: 2017.11.7.
- 국가법령정보센터, “자동차 총 오염물질 배출량 산정방법에 관한 규정”, <http://www.law.go.kr>,  
검색일: 2017.11.7.
- 도로 재비산먼지 관리 시스템, [www.cleanroad.or.kr](http://www.cleanroad.or.kr), 검색일: 2017.9.21.
- 환경부, “미세먼지 관리 특별대책”, <http://www.me.go.kr/issue/finedust2/>, 검색일: 2017.  
9.21.
- 환경부, “폭스바겐조작사건 궁금증 풀어보기”, <http://www.me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?fileId=127647&fileSeq=1&openYn=Y>, 검색일: 2017.9.21.
- US EPA(2011), AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources, <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>, 검색일: 2017.  
9.13.
- WHO(2012), IARC: DIESEL ENGINE EXHAUST CARCINOGENIC, [https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213\\_E.pdf](https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf), 검색일: 2017.9.21.



## 부록

환경영향평가서 작성 시 도로이동오염원 대기오염물질  
배출량 산정 가이드라인 예시



## 부록 . 환경영향평가서 작성 시 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 가이드라인 예시

### 1. 참고 자료

- 신설 도로 구간별 차량의 예측 통행량
- 차종별, 연료별, 연식별, 속도에 따른 대기오염물질 배출계수
- 차종, 연료, 연식에 관한 국가 통계자료
- 신설 도로의 평균 차속

※ 참고자료 활용 시 최근 자료를 적용하여야 함

※ 자료의 예시

- 대기오염물질 배출계수 (<http://airemiss.nier.go.kr>)
- 국토교통부 통계누리 (<http://stat.molit.go.kr>)

### 2. 배출량 산정 시 배출계수 적용방안

(“국립환경과학원(2015) 대기오염물질 배출계수” 적용을 중심으로)

#### 2.1 차종

- 교통량 정보가 교통영향평가 지침 내 5종으로 구분될 경우
- 승용차 : 배출계수 내 구분된 차량 중 승용차, 택시, 승합차, RV 모두 예측 교통량의 승용차에 해당
- 버스 : 배출계수 상에서 12인 미만과 이상으로 구분 하기는 어려우므로, 버스로 추정된 모든 차량을 일괄적으로 하나의 버스로 고려, 도로에 특성에 맞게 CNG 버스 또는 경유 버스로 구분
- 화물차 : 교통량 정보의 구분이 적재량인지 총중량인지를 확인하여 자동차관법, 시행규칙 [별표 1] 내의 구분을 따르는 배출계수 분류와 비교하여 선정

〈표 1〉 승용차 연료에 따른 배출계수 적용 방안 예시

차종	연료	배출계수 분류*
승용차	휘발유	승용차 소형, 중형, 대형
	LPG	승용차 중형, 대형
	경유	RV 중형

주: \*국립환경과학원(2015) 배출계수 상의 분류에 해당함

〈표 2〉 화물차 규모에 따른 배출계수 적용 방안 예시

구분	배출계수 분류*	
화물차의 세부 규모 구분이 없을 경우	해당 지자체의 화물차 구성 비율을 활용하여 적용 단, 교통량 정보, 통계자료, 배출계수 자료상의 화물차 규모 상호 비교 필요	
교통영향평가 (5종 분류)	적재량 2.5톤 미만	화물차 중형
	적재량 2.5톤 이상	화물차 대형, 덤프트럭, 콘크리트 믹서
12차종분류	소형화물차 A	화물차 중형
	소형화물차 B ~ 대형화물차 E	화물차 대형, 덤프트럭, 콘크리트 믹서

주: \*국립환경과학원(2015) 배출계수 상의 분류에 해당함

## 2.2 연료

- 승용차 : 사용할 수 있는 국가 통계자료 중 최근 연료 및 연식 비중을 활용하여 휘발유, LPG, 경유로 구분하여 적용
- 그 외 차종 : 일반적인 주요 연료로 적용(택시-LPG, 시내버스-CNG, 그 외 버스-경유, 화물차-경유)

〈표 3〉 지역별 승용차 연료 비중 예시(기타 연료 제외)

지역	휘발유	LPG	경유	지역	휘발유	LPG	경유
서울	62%	10%	28%	강원	57%	11%	32%
부산	60%	11%	29%	충북	58%	11%	31%
대구	59%	12%	29%	충남	58%	11%	31%
인천	54%	11%	35%	전북	54%	14%	32%
광주	55%	16%	29%	전남	52%	15%	33%
대전	60%	13%	27%	경북	60%	12%	28%
울산	61%	8%	31%	경남	60%	10%	30%
세종	60%	9%	31%	제주	54%	15%	31%
경기	60%	9%	31%	전국	59%	11%	30%

자료: 국토교통부 통계누리, “2017 자동차등록자료통계”를 바탕으로 저자 작성.

### 2.3 연식

- 국가 통계자료를 활용한 연식 비중 적용
- 또는 최근 연식 배출계수 사용
- 단, 국립환경과학원(2015) 이후로 제공되는 자료의 경우 최근 연식에 해당하는 차량의 비중을 확인한 후 적용

### 2.4 속도

- 해당 도로의 평균 차속을 적용
- 또는 도로종류별·차선별로 지정된 제한 속도의 80%를 평균 주행속도로 적용
- 단, 차속이 증가할수록 배출계수가 작아지는 경향이 있으므로 평균 차속을 과대 평가하지 않도록 주의
- 불가피하게 해당 도로의 평균 차속을 구할 수 없을 경우 국가 통계자료를 활용 가능

〈표 4〉 특·광역시 도심/외곽 평균 속도 예시(km/hr)

특·광역시(2010년)	도심 평균 속도(km/hr)	외곽 평균 속도(km/hr)
서울	16.6	24.5
부산	31.9	36.2
대구	26.1	31.9
인천	27.69	32.74
광주	34.36	53.93
대전	25.3	35.4
울산	29.1	46.8
7대 특·광역시	평균 32.32	

자료: 국립환경과학원(2013), “대기오염물질 배출량 산정방법 편람(III)”.

# Abstract

## **Study on Improvement of Estimation of Emission of Air Pollutants Emitted from Vehicles in Environmental Impact Assessment**

Yumi Kim et al.

In this study, we tried to look into current status and problems of air pollutant emission estimation of vehicle in environmental impact assessment(EIA) and then proposed improvement of emission factor application method. Currently, in most cases, there are some problems of not considering diesel passenger cars, resuspended road dust, and hazardous air pollutants in EIA. In addition, since the Ministry of Environment Notice(No. 2013-94), which is used as the air pollutant emission factor of vehicle in EIA, has been amended to meet the existing purpose(No. 2017-166), it is not appropriate to use it as emission factor.

We have proposed the application of the Clean Air Policy Support System (CAPSS) in EIA using national statistics by vehicle type, fuel type, and production year. The NO<sub>x</sub> and PM emission factors tended to increase according to the vehicle type when the new application method was used instead of the existing method. In addition, the consideration of resuspended road dust is suggested as an application method of EPA study. We reviewed the application of hazardous air pollutants emitted from vehicles by legal stage, research stage, and EIA stage.

The results of this study can be applied to the amendment of the EIA guidelines. Improvement of estimation of air pollutant emitted from vehicles in EIA can contribute to improve the reliability and accuracy of EIA.

Utilizing the improved application method will also support the implementation of policies to minimize the influence of vehicles by using improved information on the route selection of road projects or the arrangement of residential facilities for urban development projects.

Keyword : Environmental impact assessment(EIA), Diesel vehicle, Air pollutant emission factor, Clean Air Policy Support System(CAPSS), Resuspended road dust

## ■ 저자약력

### 김유미 (연구책임)

서울대학교 대기과학 박사

한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)

E-mail : ymkim@kei.re.kr

주요 연구실적

- 환경영향평가 협의사업 환경편익/비용분석 연구 (2016)
- Characteristics of Formation and Growth of Atmospheric Nanoparticles Observed at Four Regional Background Sites in Korea (2015)

### 문난경

부산대학교 대기과학 박사

한국환경정책·평가연구원 선임연구위원(현)

E-mail : nkmoon@kei.re.kr

### 하중식

서울대학교 보건학 박사

한국환경정책·평가연구원 연구위원(현)

E-mail : jsha@kei.re.kr

### 김민아

충남대학교 산림환경자원학 석사

한국환경정책·평가연구원 연구원(현)

E-mail : minakim@kei.re.kr