한국대기환경학회지 제 25 권 제 3 호
J. KOSAE Vol. 25, No. 3 (2009) pp. 188~195
Journal of Korean Society for Atmospheric Environment

건설기계의 대기오염물질 배출계수 산정을 위한 연구

A Study on Calculation of Air Pollutants Emission Factors for Construction Equipment

임재현* · 정성운[1] · 이태우[2] · 김종춘[1] · 서충열[1]
류정호[1] · 황진우[2] · 김선문[2] · 엄동섭[2]
국립환경과학원 기후변화연구과, [1]국립환경과학원 대기제어연구과,
[2]국립환경과학원 교통환경연구소

(2009년 1월 8일 접수, 2009년 5월 25일 채택)

Jae-Hyun Lim*, Sung-Woon Jung[1], Tae-Woo Lee[2],
Jong-Choon Kim[1], Chung-Youl Seo[1], Jung-Ho Ryu[1], Jin-Woo Hwang[2],
Sun-Moon Kim[2] and Dong-Sup Eom[2]
Climate Change Research Division, National Institute of Environmental Research
[1]*Air Quality Control Research Division, National Institute of Environmental Research*
[2]*Transportation Pollution Research Center, National Institute of Environmental Research*

(Received 8 January 2009, accepted 25 May 2009)

Abstract

Generally, mobile sources of air pollution were classified in on-road and non-road. Due to increased registration number of construction equipment in Korea, updated emission factors for non-road mobile sources, such as construction machinery, should be developed. NONROAD model of U.S. EPA already has introduced transient adjustment factors and sulfur adjustment factors for emission factors of diesel powered engine. In addition to this, European Environment Agency (EEA) has proposed emission factors for off-road machinery including several types of construction equipment. In this study, six types of construction equipment, such as excavator, forklift, loader, crane, roller and bulldozer, were studied to estimate emission factors based on total registration status in Korea. Total 445 construction equipments between 2004 and 2007 model year were tested with KC1-8 mode and air pollutants (CO, THC, NO_x and PM) were measured. After statistical estimation and calculation, emission factors for CO, THC, NO_x and PM for excavator, forklift, loader, crane, roller and bulldozer were provided and compared with previous emission factors. Moreover, updated emission factors for six types of construction equipment in this study were verified after comparison with emission factors of U.S. EPA. Finally, estimated emission amounts of four air pollutants were suggested according to six types of construction equipment.

Key words : Emission factor, Construction equipment, Non-road, Air pollution

*Corresponding author.
Tel : +82-(0)32-560-7352, E-mail : dr4earth@me.go.kr

1. 서 론

디젤엔진 등 내연기관을 사용하는 이동오염원은 크게 수송수단으로 이용되는 도로(on-road)용과 수송수단 이외의 목적으로 운행되는 건설장비, 농기계 등 비도로(non-road)용으로 구분 되어진다. 하지만 그동안 우리나라를 비롯한 대부분의 국가들에서는 도로용 운송수단들에 대한 배출원 관리에 치중해 왔다. 미국의 경우 전체 이동오염원 중 비도로 부문에서 배출되는 대기오염물질(CO, NO_x, THC, PM)의 기여율은 28~63%이며, 입자상 물질(Particulate Matter: PM)의 경우 전체 비도로 부문에서 배출되는 양의 20%가 건설장비에서 배출되고 있는 실정이다. 따라서 미국, 유럽 등 선진국에서는 이미 비도로 부문에서 배출되는 대기오염물질의 배출량을 산정하기 위한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 건설기계 및 농기계 등 비도로 부문에서 배출되는 대기오염물질에 대한 배출규제를 실시하고 있다(엄명도 등, 2000). 특히 NO_x의 경우에는 굴삭기 및 지게차에서 배출되는 양이 전체 조사대상 건설기계에서 배출되는 NO_x 양의 80%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

특히 건설장비 등에 사용되는 디젤엔진으로부터 배출되는 오염물질 중 NO_x와 PM은 폐암이나 기관지 관련 질병을 유발하는 것으로 보고되고 있어(Kagawa, 2002), 디젤엔진에서 발생되는 대기오염물질을 저감하기 위한 저공해 기술개발 등 다양한 대책을 마련하기 위한 연구들(정일록 등, 1998, 1997)이 진행되어 왔다. 실제 대기오염물질의 배출량을 산정하기 위해 이용되고 있는 대기보전정책지원시스템(홍지형 등, 2007)에 의해 조사된 대기오염물질 배출율을 살펴보면, 2005년도 비도로 부문에서 발생되는 오염물질 배출량이 전체 이동오염원의 18.5%를 차지하고 있으며, 그 중 건설장비가 10.3%로 가장 높은 배출율을 나타내었고, 선박 4.5%, 철도 1.7%, 농기계 1.4%, 항공 0.7% 순이었다. 따라서 본 연구에서는 미국, 유럽 등 선진국에서 연구되고 있는 배출계수 산정기법(Frey *et al.*, 2003; Fu *et al.*, 2001)과 국내·외 건설기계 배출허용기준 및 건설장비 관련 활동도 자료 등을 조사·분석하였으며, 건설기계 엔진 시험을 통해 확보한 총 445대 6개 기종(굴삭기, 지게차, 로우더, 기중기, 롤러, 불도저)으로부터 측정한 대기오염물질 측정 결과를 이용하여 오염물질별, 기종별 및 출력별 배출계수를 산정하였다. 또한 미국의 배출계수(EPA, 2004) 및 정일록 등(1999, 1997)의 배출계수 산출방법 및 결과와 비교·분석하여 보다 신뢰성이 향상된 배출계수 산정 결과를 제시함으로써, 건설기계에서 배출되는 대기오염물질 배출량을 정확히 예측하고, 환경영향평가, 대기오염물질 배출원 관리 및 대기보전정책 수립 등에 활용하는 데 기여하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 시험대상 엔진 및 운전조건 선정

건설기계 엔진 개발 및 성능 향상 등에 영향을 미치는 국내 대기환경보전법상의 건설기계 대기오염물질 배출허용기준 강화시점을 고려하여, 2004년~2007년 사이 연식의 건설기계를 시험 대상으로 선정하였다. 또한 보다 실용적이고 활용도가 높은 건설기계의 대기오염물질 배출계수를 산출하기 위해서 국내 건설기계의 기종별 등록 대수 및 가동 현황, 시장 점유율 등을 한국건설기계협회(2007) 통계자료를 이용해 분석하였다. 통계자료 분석 결과, 국내 등록대수 1,000대 이상인 건설기계 중, 등록대수 및 시장 점유율이 가장 높은 굴삭기, 지게차, 로우더, 기중기, 롤러 및 불도저 등 6개 기종이 시험대상 엔진으로 결정되었으며, 선정된 시험대상 엔진의 기본 제원은 표 1과 같다.

시험 운전조건은 건설기계에서 배출되는 오염물질의 배출특성을 조사하기 위해 비도로 장비용 시험모드 중 건설기계의 배출가스를 시험하여 인증하는 규제시험모드(KC1-8)를 이용하였다.

2.2 시료채취 및 분석방법

건설기계의 배출가스 측정에 사용된 엔진동력계는 흡수용량 430kw의 대형엔진 AC동력계(오스트리아 AVL사, APA DYNO)를 사용하였으며, 동력계 주변기기는 연료 온도, 냉각수 온도 및 윤활유 온도 조절장치, 흡입공기 측정기, 연료 유량계, 매연 측정기 등으로 구성되어 있다(그림 1).

배출가스 측정장치(Horiba사, MEXA-9100D)는 경유엔진의 배출가스 중 CO, THC(Total Hydro Carbon),

Table 1. Tested engine specification.

Equipment types	Maximum output (kW/rpm)	Displacement (cc)	Registration number	Market share (%)	Tested number
Excavator	136/2,085	6,502	104,521	31.5	59
Crane	264/2,037	11,396	8,335	2.5	174
Loader	138/2,235	7,173	15,057	4.5	60
Roller	119/2,279	5,335	6,178	1.9	19
Bulldozer	255/1,960	12,565	4,840	1.5	10
Forklift	136/2,241	6,797	101,188	30.5	123
Etc.	66/2,444	3,787	92,100	27.7	–
	Total		332,219	100	445

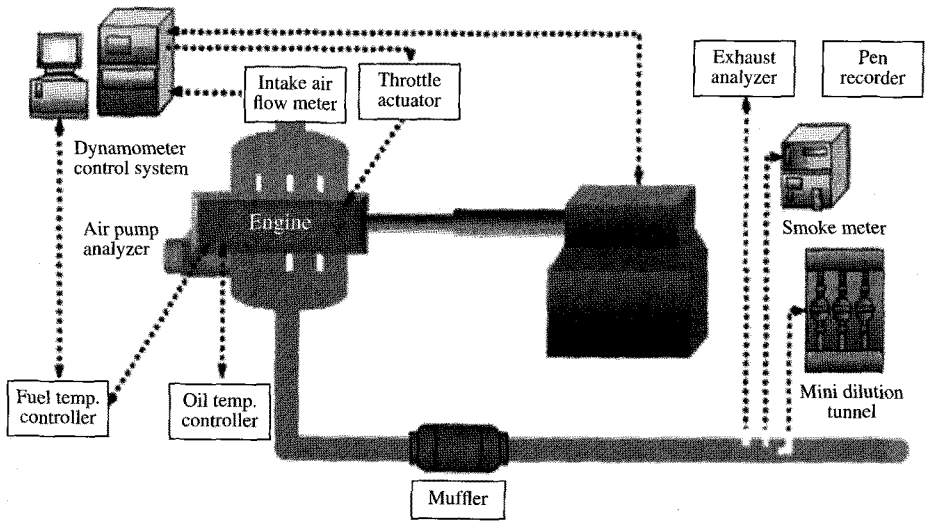

Fig. 1. Schematic diagram for exhaust emission test system.

NO_x를 on-line으로 분석하는 장치로서, CO의 경우는 비분산 적외선 분석법(NDIR, Nondispersive Infrared)을 사용하였으며, THC는 가열식 불꽃이온화 검출기법(HFID, Heated Flame Ionization Detector)을, NO_x의 경우는 화학 발광법(CLD, Chemiluminescence Detector)을 각각 사용하여 분석하였다.

PM은 시험용 엔진을 엔진동력계에서 일정 부하조건으로 운전시키는 동안 배기가스를 일정비율로 공기와 희석시켜 채취하는 마이크로 희석터널(mini dilution tunnel, 오스트리아 AVL사, SPC 472)을 사용하였다(그림 2). 이 장치는 엔진 배기가스의 일부를 채취하여 외부공기로 희석시킨 후, PM을 테프론(teflon)이 코팅된 유리섬유 여지(ψ70 mm)에 포집하는 장치이다. 여과지에 포집된 PM의 무게를 측정하기 위해서는 micro-balance를 사용하였으며, 여과지에 포집된 PM의 정확한 측정을 위하여 온도 20±5°C 및 상대습도 47±5%로 유지된 무게 측정실(weighing chamber)내에서 PM을 측정하였다(그림 2). PM 측정은 먼저, 무게 측정실에서 무게를 측정한 여지를 마이크로 희석터널 필터 홀더에 장착한 후, 배기관에서 배출가스를 일정 유량 등속 흡인하여 PM 시료를 채취하였다. 이때에 필터를 통과하는 배출가스의 온도는 50°C 이내로 유지하였다. PM을 채취한 여지는 포집된 부분이 묻지 않도록 패트리디쉬(petridish)에 넣어 보관하였다. 여지는 무게 측정실내에서 상대습도 47±5%, 20±5°C로 24±4시간 동안 항온 및 항습

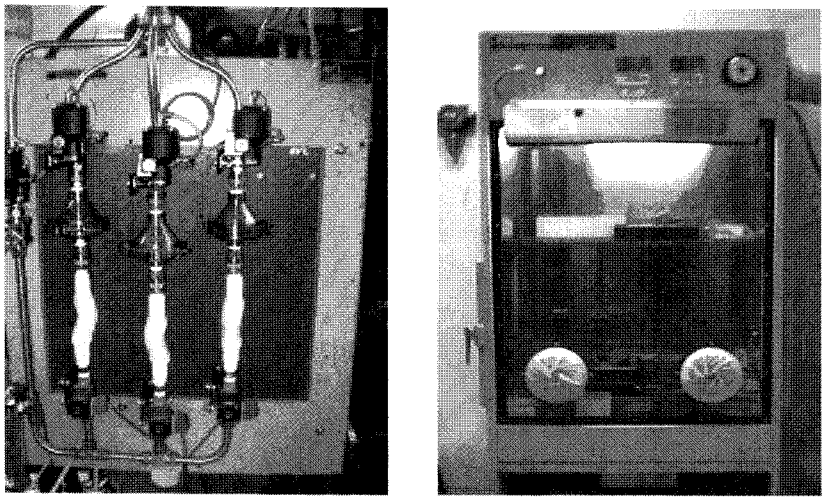

Fig. 2. Mini dilution tunnel and weighing chamber.

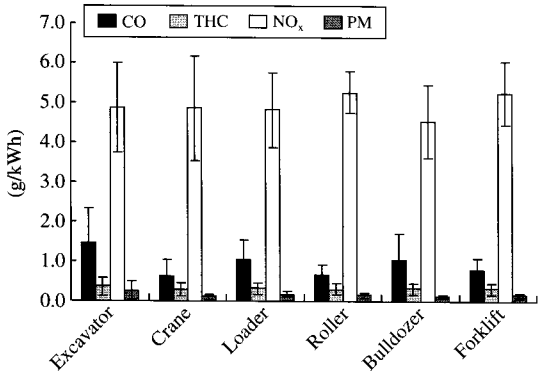

Fig. 3. Emission characteristics of pollutants by equipment types.

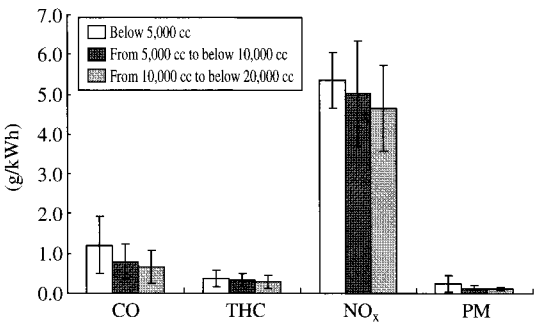

Fig. 4. Emission characteristics of pollutants by displacement.

시킨 다음 측정 전·후 무게차를 구하였다(유영숙 등, 2006).

3. 결과 및 고찰

3.1 건설기계의 기종별, 배기량별 대기오염물질 배출특성

2005년 이후(Tier-2) 기준의 적용을 받는 건설기계의 기종별 대기오염물질 배출특성 비교 결과를 그림 3에 나타내었다.

CO의 경우 굴삭기, 로우더, 불도저에서 1.03~1.45 g/kWh로 다른 기종보다 22~45% 높게 배출되었으며, 데이터 분포가 더 분산되는 경향을 보였다. 반면에 THC는 0.30~0.36 g/kWh, NO_x는 4.82~5.26 g/kWh, PM은 0.12~0.23 g/kWh로 나타나 기종에 상관없이 대기오염물질 배출수준이 유사한 경향을 보였는데 이는 건설기계에 사용되는 엔진이 기종에 관계없이 동일한 것이 많기 때문인 것으로 조사되었다. 또한 모든 기종에서 출력등급과는 상관없이 NO_x > CO > THC > PM 순으로 대기오염물질 배출량이 증가하고 있음을 알 수 있었으며, NO_x의 경우 지게차와 롤러에서 5.0 g/kWh 이상으로 높게 배출되었고,

Table 2. Comparing estimation of emission factor calculation method for 1997 with 2007.

Emission factor		1997	2007
Number of tested engines		8	445
Adjustment Factor	Transient	Not applied	Applied (EPA, 2004)
	Sulfur	Not applied	Applied (EPA, 2004)
Tested equipment types		5 types (excavator, forklift, loader, crane, bulldozer)	6 types (roller was added)

CO는 굴삭기에서 가장 높게 배출되었다.

그림 4는 2005년 이후(Tier-2) 기준의 적용을 받는 건설기계 배기량별 대기오염물질 배출특성을 보여주고 있다. 배기량 구분은 한국건설기계협회(2007)의 통계자료 분석 결과에 따라 5,000 cc 미만, 5,000 cc 이상~10,000 cc 미만 및 10,000 cc 이상~20,000 cc 미만으로 분류하였으며, 배기량이 증가함에 따라 각각의 대기오염물질들이 모두 완만하게 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 배기량과 출력의 상관관계를 분석한 경우, 결정계수(R^2)가 0.8936으로 높게 나타났으며, 결과적으로 배기량과 출력이 증가할수록 단위 출력 당 대기오염물질은 감소하는 것으로 조사되었다.

Table 3. Emission factors for construction equipment.

(Unit: g/kWh)

Equipment types	Power level	CO	THC	NO_x	PM
Excavator	<130 kW	2.92	0.48	5.10	0.34
	≥130 kW	1.41	0.25	4.11	0.08
Crane	<130 kW	0.77	0.32	5.89	0.12
	≥130 kW	0.63	0.29	4.78	0.06
Loader	<130 kW	1.70	0.38	5.02	0.20
	≥130 kW	1.49	0.29	4.06	0.11
Roller	<130 kW	1.01	0.31	5.08	0.12
	≥130 kW	0.77	0.28	4.32	0.09
Bulldozer	<130 kW	1.92	0.43	4.88	0.13
	≥130 kW	1.51	0.31	4.19	0.08
Forklift	<130 kW	2.19	0.78	6.02	0.28
	≥130 kW	1.84	0.70	5.55	0.18

3. 2 건설기계의 대기오염물질 배출계수 산정 결과

표 2에서는 1997년에 산정되어 지금까지 사용되어 오던 건설기계의 대기오염물질 배출계수 산정방법(정일록 등, 1997)과 본 연구를 통하여 새롭게 산정된 배출계수 산정방법에 대해 비교 · 분석하였다.

본 연구에서는 445대의 실제 엔진 시험 결과를 이용함으로써, 8대의 엔진 시험을 통하여 산정된 1997년도 배출계수 결과를 보완하였다. 충분한 시험대상 엔진 대수를 확보함에 따라 1997년 배출계수 산정결과보다 통계적으로 유의하고 신뢰성 높은 배출계수를 산출할 수 있었으며, 미국 EPA (2004)에서 적용하고 있는 과도운전 보정계수 및 황 함량 보정계수를 배출계수 산정 방법에 반영하여, 실제 건설현장에서 운전되고 있는 건설기계에서 배출되는 대기오염물질 배출특성에 보다 근접한 실용적인 배출계수로 개선되었다. 또한 기존 5개 기종에 대해 산정된 기종별 배출계수에 롤러를 추가하여 총 6개 기종에 대한 배출계수 산정 결과를 제시하였다. 이와 같은 방법으로 산정된 건설기계의 2005년 이후(Tier-2 기준) 기종별, 전체 출력등급의 중간 값인 130 kW 전 · 후로 구분한 출력등급별 및 대기오염물질별 배출계수 결과를 표 3에 나타내었다.

특히 PM의 경우는 황 함량 보정계수의 적용여부에 따라 큰 차이를 보였는데, 황 함량 보정계수를 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 전체적으로 약 20~50% 낮은 PM 발생량을 보였다. 또한 전체 출력등급의 중간 값인 130 kW 전 · 후로 구분한 결과, 출력이 130 kW 미만일 경우는 16~35%, 130 kW 이상일 경우는 30~53% 더 낮게 PM이 배출되는 경향을 보임에 따라, 출력등급이 높을 때 황 함량 보정계수의 영향을 더 크게 받는 것으로 확인되었다.

3. 3 배출계수 산정 결과 비교

본 연구를 통해 산출된 건설기계 6개 기종의 배출계수를 미국 EPA (2004)에서 제시한 동일한 엔진 형식의 배출계수와 비교 · 분석하였다(그림 5). CO와 PM의 경우 본 연구를 통하여 산정된 배출계수가 미국 EPA에서 제시된 배출계수보다 각각 약 29% 및 13% 가량 낮게 나타났다. 하지만 THC와 NOx의 경

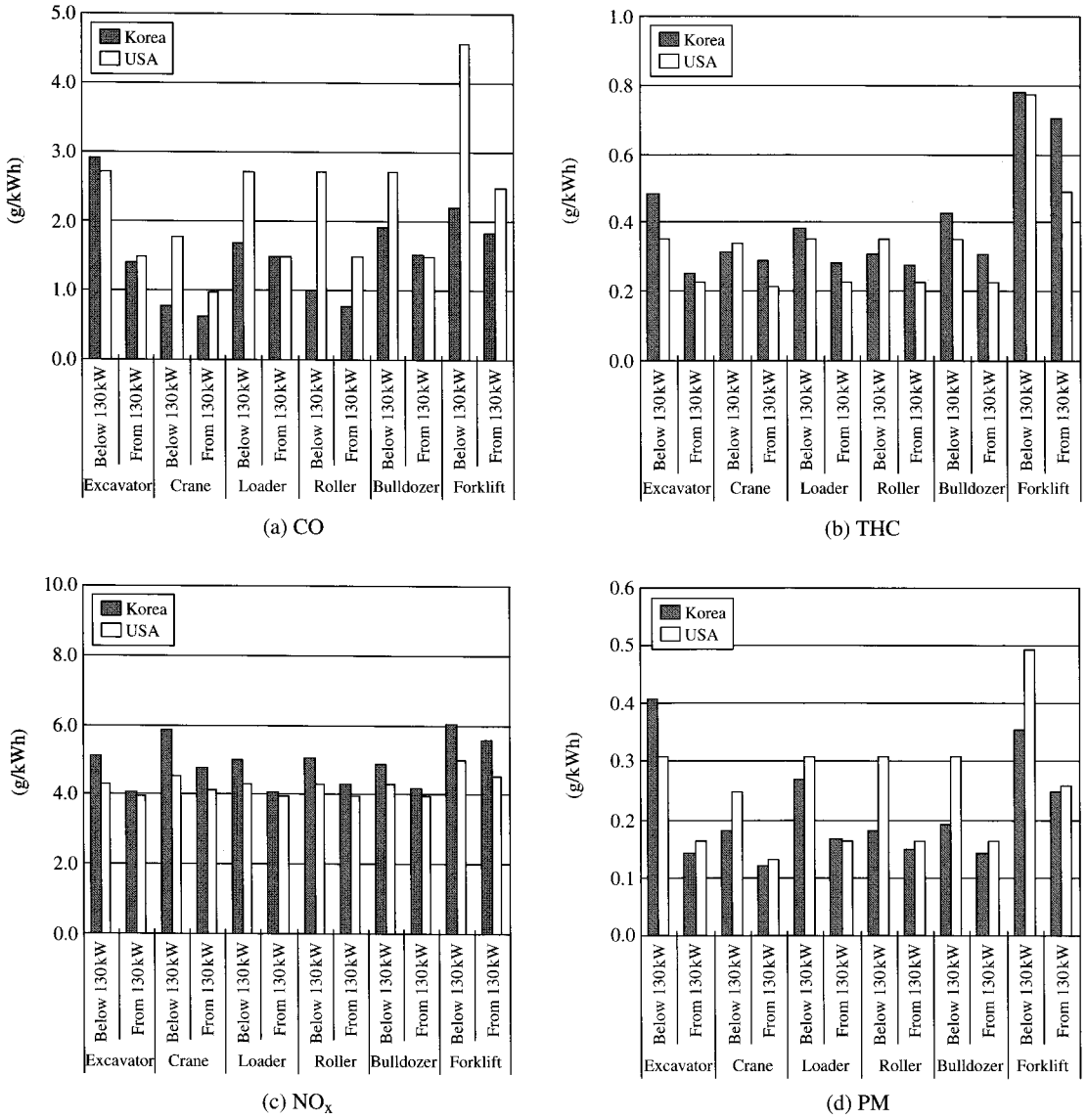

Fig. 5. Comparison between Korean and U.S.A. emission factors for construction equipment.

우에는 국내 배출계수가 각각 약 14% 및 12% 가량 높게 산정되었다. 특히 CO와 PM의 경우, 미국의 배출계수 산정량이 국내 건설기계를 통해 산정된 값보다 130kW 이하의 출력에서 기중기, 로우더, 롤러, 불도저, 지게차에 대해서 130kW 이상의 출력보다 최대 2배 이상의 큰 경향을 보이고 있다. 미국 EPA의 경우 수 천대의 인증시험자료를 데이터베이스로 구축한 후 관련 모델을 개발하여 배출계수를 산출한 것으로 국내 배출계수와 일부 차이를 보이는 것으로 사료된다. 또한 출력등급의 구분도 미국은 10단계로 세분화되어 있는 반면, 국내는 이번 연구를 통하여 처음으로 2단계로 구분하였다. 따라서 향후 보다 많은 엔진 실험을 통한 데이터의 확보와 함께 출력 등급 및 건설기계 기종의 세분화가 선진국 수준의 배

Table 4. The hours of annual operation with respect to construction equipment.

Equipment types	Operation rate (%)	Operation time (hr)	Average horse power (Kw)
Excavator	51	983	136
Crane	42	797	264
Loader	42	814	138
Roller	42	799	119
Bulldozer	42	814	255
Forklift	45	868	136

Table 5. Emissions of air pollutants from construction equipment (2005). (Unit: ton/yr)

Equipment types	CO	THC	NO_x	PM
Excavator	29,543	4,997	61,817	2,952
Crane	1,106	507	8,427	104
Loader	2,645	552	7,491	260
Roller	587	174	2,819	66
Bulldozer	1,576	336	4,340	91
Forklift	23,013	8,266	64,762	2,526
Total	58,470	14,831	149,657	5,999

출계수 개발을 위해서 필요함을 알 수 있다.

3.4 건설기계의 대기오염물질 배출량 산정

건설기계에 의한 대기오염물질 배출량은 표 4와 같이 한국건설기계협회(2007)를 통해 수집한 최근 2005년도 건설기계 관련 활동도 자료인 건설장비 등록대수, 가동율, 가동시간 및 본 연구에서 산정된 평균 정격 출력 및 배출계수 등을 이용하여 산출하였으며, 표 5에 그 결과를 나타내었다.

건설기계의 대기오염물질별 연간 배출량을 산출한 결과, NO_x 149,657톤, CO 58,470톤, THC 14,831톤 및 PM 5,999톤 순으로 나타났다. 신문기 등(2003)의 연구에서도 NO_x의 경우 건설장비별 배출기여도를 살펴보면, 굴삭기와 지게차가 전체 배출량의 80% 이상을 배출함으로써 다른 건설장비에 비해 높은 배출비율을 나타내었다.

본 연구에서 산출된 배출계수를 이용하여 건설장비 각 기종별 배출되는 대기오염물질 배출량과 1997년도에 산정된 기존 배출계수를 이용하여 산정한 배출량을 비교하여 보면, 현재 배출계수를 사용하여 산정된 배출량이 기존 배출계수를 이용하여 산정된 배출량보다 기종별로, 굴삭기가 65%, 로우더가 40%, 불도저가 40%, 지게차가 78% 증가한 반면, 기중기는 58% 감소하였다. 굴삭기, 로우더, 불도저 및 지게차의 경우 등록대수 및 가동률의 증가로 대기오염물질 배출량이 증가하는 경향을 보인 반면에, 기중기의 경우 실제 건설현장에서의 가동률이 1997년도의 71%에서 2005년도의 경우에는 42%로 29%가 감소하였기 때문에 감소된 것으로 분석된다. 따라서 보다 정확한 건설장비 관련 활동도 자료의 확보가 대기오염물질의 배출량 산정에 있어서 중요한 요인임을 알 수 있었으며, 향후 비도로 관련 배출계수의 개발과 더불어 다양한 활동도 자료를 제시 할 수 있는 연구도 함께 진행되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

국내외 건설기계 배출계수 산정방법을 비교 고찰한 결과, 미국(EPA, 2004)의 경우 비도로 부분 배출계수 산정을 위하여 과도운전보정계수 및 황 함량 보정계수 등을 고려하고 있었으며, 유럽(EEA, 2006)의 경우 연료사용량에 따른 배출계수 및 출력등급별 배출계수를 함께 사용하고 있었다. 국내 등록대수 1,000대 이상인 건설기계 중, 주요 6개 기종(굴삭기, 지게차, 로우더, 기중기, 롤러, 불도저)을 선정하여 기종별 등록 현황 및 가동현황 등 활동도 자료를 수집하였으며, 굴삭기와 지게차가 가장 많이 등록 된 기종으로 조사되었다. 건설기계 규제시험모드(KC1-8 모드)로 시험한 총 445대에 대해 상관성 분석 등 통계프로그램을 이용해 데이터 분석을 하였으며, 대기오염물질별(CO, HC, NO_x, PM) 배출특성 및 배출계수에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 기종에서 출력등급과 상관없이 NO_x > CO > THC > PM 순으로 오염물질이 배출되고 있음을 알 수 있었으며, 엔진 출력등급 및 배기량이 증가할수록 배출되는 대기오염물질은 감소하는 경향을 나타내었다.

2. 기존의 건설기계 배출계수 산정에는 사용되지 않았던, 미국 EPA (2004)에서 적용하고 있는 과도운전 보정계수 및 황 함량 보정계수를 반영하여 실제 건설기계 배출특성을 고려한 실용적인 배출계수로 개선하였으며, 롤러를 추가한 6개 기종별 및 전체 출력등급의 중간 값인 130 kW 전 · 후로 구분한 배출계

수를 산정하여 기존의 5개 기종별 배출계수를 더 세부적으로 보완하였다.

3. 본 연구를 통해 산출된 건설기계 6개 기종의 배출계수를 미국 EPA (2004)에서 제시한 배출계수와 비교한 결과, CO와 PM의 경우 본 연구를 통하여 산정된 배출계수가 미국 EPA에서 제시된 배출계수보다 각각 약 29% 및 13% 가량 낮게 나타났지만, THC와 NO_x의 경우에는 국내 배출계수가 각각 약 14% 및 12% 가량 높게 산정되었다.

4. 건설기계의 대기오염물질별 2005년 배출량을 조사한 결과, NO_x 149,657톤, CO 58,470톤, THC 14,831톤, PM 5,999톤 순으로 나타났다.

5. 본 연구에서 산출된 배출계수를 이용하여 2005년도 건설장비 6개 기종에서 배출되는 대기오염물질 배출량을 기존의 1997년도 배출계수를 사용하여 산정한 배출량과 비교한 결과, 2005년도 배출량이 1997년도 배출량보다 굴삭기 65%, 로우더 40%, 불도저 40%, 지게차가 78% 증가한 반면, 가동률의 감소로 인하여 기중기는 58%가 감소하였다.

향후 본 연구의 배출계수 결과를 활용함으로써 보다 신뢰성이 향상된 건설기계에서 배출되는 대기오염물질 배출량을 산정 및 예측하여, 환경영향평가, 대기오염물질 배출원 관리 및 대기보전정책 수립 등에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

신문기, 김호정, 장영기, 홍지형 (2003) 건설장비와 농기계에서 배출되는 연도별 대기오염 배출량 변화추세, 한국대기환경학회지, 19(6), 805-810.

엄명도, 김종춘, 류정호, 강대일, 임철수, 김기호, 정성용 (2000) 비도로이동오염원 오염물질 배출규제방안에 관한 연구, 국립환경연구원 자동차공해연구소, 1-15.

유영숙, 류정호, 임철수, 김대욱, 정성운, 손용기, 김선문, 엄명도, 김종춘 (2006) 각국의 자동차 오염물질 배출량 산정방법, 국립환경과학원 교통환경연구소, 23-28

정일록, 김종춘, 류정호, 김수연, 황선홍, 임철수, 이호영, 김기호, 김준명, 한영출, 송보영 (1997) 경유엔진에 의한 대기오염물질 저감대책에 관한 연구(I), 국립환경연구원 자동차공해연구소, 23-54.

정일록, 엄명도, 김종춘, 김태승, 이원석, 류정호, 박용희, 서충열, 이종태, 김수연, 황선홍, 김대식, 이호영, 임철수, 이규원, 김민철 (1998) 경유엔진에 의한 대기오염물질 저감대책에 관한 연구(II), 국립환경연구원 자동차공해연구소, 19-40.

정일록, 엄명도, 류정호, 임철수 (1999) 비도로용 건설기계의 오염물질 배출량 산정에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 15(3), 317-325.

한국건설기계협회 통계자료 (2007) www.kcea.or.kr.

홍지형, 김대곤, 강경희 (2007) 대기오염물질 배출량 산정방법 편람, 국립환경과학원 환경총량관리연구부, 127-147.

EEA (2006) EMEP/CORINAIR emission Inventory Guidebook.

EPA (2004) Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling Compression-Ignition.

Frey, H.C., M. ASCE, and S. Bammi (2003) Probability nonroad mobile source emission factors, Journal of Environmental Engineering, 162-168.

Fu, L., J. Hao, D. He, K. He, and P. Li (2001) Assessment of vehicular pollution in China, Journal of the Air & Waste Management Association, 51, 658-668.

Kagawa, J. (2002) Health effects of diesel exhaust emissions-a mixture of air pollutants of worldwide concern, Toxicology, 181-182, 349-353.