

## 비도로용 건설기계의 오염물질 배출량 산정에 관한 연구

### A Study on the Estimation of Exhaust Emission by Nonroad Construction Equipments

정일록<sup>1)</sup> · 엄명도 · 류정호 · 임철수  
국립환경연구원 자동차공해연구소, <sup>1)</sup>폐기물연구부  
(1999년 2월 10일 접수, 1999년 6월 10일 채택)

Il Rok Chung<sup>1)</sup>, Myoung Do Eom, Jung Ho Yoo and Cheol Soo Lim  
*National Institute of Environmental Research*  
*Motor Vehicle Emission Research Laboratory*  
<sup>1)</sup>*Waste Research Department*

(Received 10 February 1999; accepted 10 June 1999)

#### Abstract

The demand of diesel engine on the construction equipment has been rapidly increased because of high thermal efficiency and fuel economy. The exhaust emission from nonroad vehicles equipped with diesel engine such as construction equipment, ship, and agricultural equipment, etc which are known to be harmful to human health and environment, has not been regulated in our country. But the regulation for nonroad vehicle has been already progressed in advanced country. So we investigated the contribution ratio of air pollution by construction equipment in order to establish the exhaust emission management strategy for nonroad vehicle. Based on the statistical data for construction equipment, 5 kinds of equipment are selected and tested in the engine dynamometer to determine the emission factor. And the amount of air pollutant from construction equipment are calculated by using of the emission factor and recommended exhaust emission standard for construction equipment.

**Key words :** Diesel engine (경유엔진), Construction equipment (건설기계), Fuel economy (연료소비율), Non-road vehicle (비도로용자동차), Emission factor (배출계수)

#### 1. 서 론

내연기관에 의해 작동되는 자동차는 크게 도로용 (Onroad)과 비도로용 (Nonroad)차량으로 구분되며, 일반적으로 비도로용 차량은 출력 및 연료의 경제성이 뛰어난 경유기관이 많이 사용되므로 여기에서 주로 배출되는 미세먼지나 질소산화물의 배출량이

증가하여 주요 대기오염원으로서 점차 부각되고 있다. 따라서 미국을 비롯한 선진국에서는 배출가스 규제대상을 기존의 도로용 차량에서 비도로용 차량까지 확대적용하고 있는 실정이다. 우리나라의 경우에는 연료비 절감 등의 이유로 선진국에 비해 경유 차량의 보유비율이 높고 경유엔진에서 배출되는 오염물질이 대기오염에 미치는 영향은 점차 증가하고 있으며, 1996년도에는 경유자동차에서 배출되는 오

염물질 총량이 연간 1,133천톤으로서 자동차 전체 오염물질 배출량의 67%를 차지하고 있는 실정이다. 현재 자동차 이외의 비도로용 차량중 건설기계로 분류되는 덤프트럭, 콘크리트 믹서트럭 등에 대해서는 중량 디젤자동차와 동일한 배출가스 규제치를 적용 관리하고 있으나, 그 외 건설장비 등을 포함한 선박, 항공, 농업용기계 등 비도로용 차량의 경우에는 오염물질 배출상태에 대한 조사가 전혀 이루어지지 않아, 총괄적인 배출가스 저감대책 수립에 어려움이 있는 실정이다.

본 연구에서는 비도로용 차량에 의한 대기오염 저감대책을 강구하고자 외국의 비도로용 차량에 대한 배출가스 규제현황 및 시험방법 등을 검토하여, 비도로용 차량중 우선 건설장비를 대상으로 삼아, 우리나라에서 생산·판매되고 있는 건설용엔진에 대한 배출가스의 실측·분석을 통해 오염물질 배출 상태를 평가하여 대기오염 기여율 등을 산정평가하였다.

## 2. 비도로용 건설기계의 규제현황 비교

### 2.1 외국의 규제현황

#### 2.1.1 미국

미국은 비도로용 차량에 대한 배출가스 규제를 가장 먼저 실시한 국가로서 건설장비 등 비도로용 차량에 대한 배출규제 관련법규를 제정하여 1996년 1월 1일부터 시행하고 있으며, 캘리포니아주 역시 별도의 기준을 정하여 적용하고 있다. 37kW (50Hp) 이상의 비도로용에 사용되는 신규 경유엔진에 대한 규제기준은 표 1과 같다.

#### 2.1.2 유럽

유럽공동체는 1995년 9월 건설용 트랙터, 굴삭기, 로우더, 공기압축기 및 농업용기계 등 비도로용 차

Table 2. Nonroad exhaust emission standards in EU.

	Horse Power (kW)	Implementa-tion Date	Emissions (g/kW · h)			
			HC	CO	NOx	PM
Stage 1	130~560	1998 10. 1	1.3	5.0	9.2	0.54
	75~130	"	1.3	5.0	9.2	0.70
	37~75	1999. 4. 1	1.3	6.5	9.2	0.85
Stage 2	130~560	2002. 1. 1	1.0	3.5	6.0	0.20
	75~130	2003. 1. 1	1.0	5.0	6.0	0.30
	37~75	2004. 1. 1	1.3	5.0	7.0	0.40
	18~37	2001 1. 1	1.5	5.5	8.0	0.80

량에서 배출되는 NOx와 VOC의 저감을 위한 배출가스 규제(안)의 법제화에 동의하였다. 표 2에 유럽 공동체의 비도로용 차량에 대한 배출규제기준을 나타내고 있다

#### 2.1.3 일본

일본 건설성에서는 '92년 10월 "건설장비에 관한 기술지침"을 출간, 건설성 소관의 건설공사에서는 배출가스 규제가 적용되는 건설장비의 사용을 원칙으로 하는 관련지침을 제정하였다. 표 3은 일본의 비도로용 차량의 배출가스 규제기준을 보여주고 있다.

### 2.2 우리나라의 규제현황 실태

우리나라는 세계 어느 나라보다도 경유사용 차량의 보유비율이 높아, 경유엔진에서 주로 배출되는 질소산화물 및 입자상물질의 유해성을 고려할 때 엄격한 배출가스 규제가 요구된다. 그러나 경유자동차의 오염물질 배출수준은 엔진별 방지기술이 미국, 유럽 등의 선진국보다 뒤떨어져 있어, 이로 인한 환경오염피해가 날로 증가해가고 있는 실정이다. 따라서 경유자동차에 의한 배출오염물질 기여도가 증가함에 따라 경유자동차에 대해서는 배출허용기준을 점차 선진국 수준으로 강화하고 있으며 엔진개

Table 1. Nonroad exhaust emission standards and implementation date in EPA.

Net Power (kW)	HC (g/kW · h)	CO (g/kW · h)	NOx (g/kW · h)	PM (g/kW · h)	Smoke (A/L/P) <sup>1)</sup>	Implementation Date
≥130	1.3	11.4	9.2	0.54	20/15/50	January 1, 1996
≥75 to <130	-	-	9.2	-	20/15/50	January 1 1997
≥37 to <75	-	-	9.2	-	20/15/50	January 1, 1998
<560	-	-	-	-	-	January 1, 2000

× 1) A : Acceleration Mode, L : Lugging Mode, P : Peak Mode

Table 3. Nonroad exhaust emission standards in JAPAN.

Applied Equipment	Horse Power (kW)		Implementation Date	Emissions (g/kW · h)			
				HC	CO	NOx	Smoke (%)
건설성 소관 공사용 건설기계 규제대상	제 1 차 터널공사용 기계	30~260	1996. 4. 1	1.5	6.0	9.5	50
	제 2 차 일반공사용 주요건설기계 3종	7.5~15 15~30 30~260	1997 4 1	2.5 2.0 1.5	6.0 6.0 6.0	13.0 11.0 9.5	50 50 50
	제 3 차 일반공사용 보급대수가 많은 건설기계 5종	7.5~15 15~30 30~260	1998 4 1	2.5 2.0 1.5	6.0 6.0 6.0	13.0 11.0 9.5	50 50 50

발 및 방지장치 보급 등의 정책을 추진함으로써 배출가스 저감대책을 마련하고 있다. 그러나 비도로용 차량은 도로용 차량보다 보유대수가 많지 않고, 운전특성도 다양하여 아직까지 여기에서 배출되는 오염물질의 배출실태조차 파악하지 못하고 있는 실정이다.

### 3. 연구내용 및 방법

#### 3.1 건설장비 현황

##### 3.1.1 기종별 보유대수

건설장비에 의한 오염물질 배출량을 산정하기 위하여 기종별, 연도별 등록대수를 건설교통부 산하 국립건설시험소에서 발행한 건설장비 현황자료를 토대로 조사하였다.

##### 3.1.2 연간 가동현황

건설장비에서 발생하는 연간 오염물질 배출량을 파악하기 위해서는 기종별 연간 가동총량이 조사되어야 하는데, 이를 연간 총가동시간으로 표기하는 것이 일반적이다. 그러나 우리나라는 아직까지 이를 공식적으로 공표하거나 집계한 자료가 없으며, 특히 건설장비 등은 자동차에서처럼 등록제도가 체계화되어 있지 않아 가동현황의 파악이 곤란하여 대한 건설장비협회에서 대여용(영업용) 건설장비 23개 기종에 대해 '90년부터 '96년 하반기까지 부가세 신고금액 등을 기준으로 조사한 건설장비 가동 실태자료를 토대로 하였다.

##### 3.1.3 평균출력

조사대상 건설장비의 기종별 평균출력은 국내 주요제조사에서 판매하는 각 기종별, 등급별 출력을 산출한 후, 여기에 등급별 판매비율을 곱한 가중평균출력을 사용하였다.

##### 3.1.4 평균출력비율

평균출력비율은 조사대상 건설장비의 정격출력에 대한 실제 작업시의 사용출력의 비로써, 이는 모든 자동차가 항상 정격출력 상태에서 운전되지 않는 것처럼 건설장비도 정격출력이 아닌 작업시의 실제 사용출력을 반영함으로써 보다 더 정확한 배출량을 산정하고자 하는 것이다. 세계적으로 비도로용 엔진의 배출가스 규제시험 방법으로 사용되는 ISO-8178 측정조건이 건설장비 등 특수자동차의 운전특성을 반영하고 있는 것으로 판단되어, 이 시험모드의 운전조건에서 평균출력비율을 계산하여 사용하였다. 평균출력비율 계산시 중간속도의 엔진회전속도는 정격출력시의 60%로 하고 이때의 토크는 정격출력시의 토크(100%)로 하였다.

### 3.2 배출계수 및 배출량 산출방법

#### 3.2.1 배출계수 산출

배출계수 및 배출량 산출흐름도를 그림 1에 나타내었다.

건설장비는 종류가 다양하고 같은 기종이라도 출력등급이 여러가지로 분류되어 배출계수 산출에 어려움이 있다. 건설장비 오염물질 배출계수의 정확한 산출을 위해서는 정확한 통계자료의 활용 이외에도 실제 운전조건과 엔진의 사용년한 정도를 충분히 고려할 필요가 있다. 실제 건설장비는 엔진회전수와

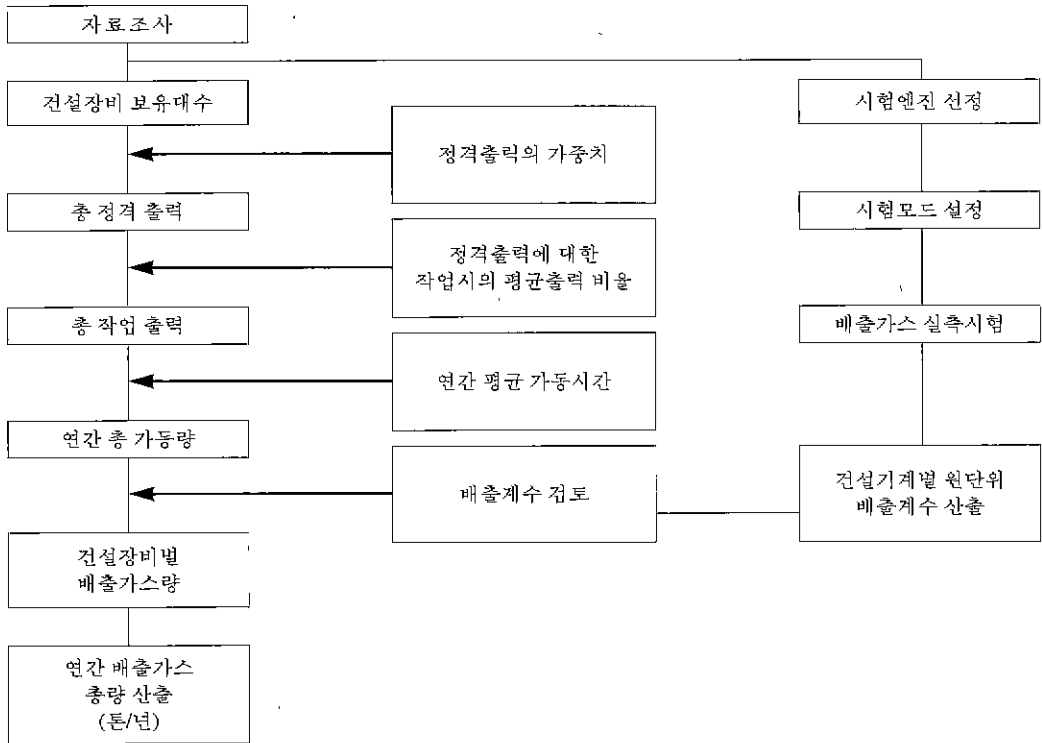


Fig. 1. Flow chart for estimation of air pollutant emission by construction equipment.

부하 등이 순간적으로 변화하는 운전조건에서 작동되는데, 엔진동력계상에서 이러한 운전조건을 재현하기 위해서는 트랜지언트 운전이 가능한 동력계와 배기가스를 정량적으로 채취할 수 있는 측정장치가 필요하나 국내에는 이러한 측정장비를 구비한 곳이 없는 실정이다. 또한 엔진의 노후화를 고려한 배출가스 시험에 있어서도 기종, 출력등급, 운전시간별로 건설장비를 임차하여야 하므로 이 경우 많은 비용과 시간이 소요되어 본 연구에서는 가능한 임차가능 범위내에서 보유대수가 많은 기종들에 주로 탑재되는 신규 제작엔진 8대를 대상으로 하여, 정속·정부하 운전조건인 ISO-8178 모드를 사용하여 배출계수를 구하였다. 배출계수는 ISO-8178 운전조건에서 오염물질별로 측정하여 출력 및 시간당 배출원단위(g/kW·h)로 환산, 이들 엔진이 장착된 사례로 분류하여 산술평균하였다. 또한 산출된 배출계수에 대해서 일본 실측모드 및 D-13 모드에서의 측정결과와 비교, 분석을 통해 타당성을 검토하였다.

### 3. 2. 2 배출량 산정

건설장비의 가동시간, 평균출력, 작업시 평균출력비율, 보유대수, 배출계수 등을 이용하여 트럭류를 제외한 건설장비중 대기오염 기여도가 높을 것으로 예상되는 5,000대 이상인 5개 기종(굴삭기, 지게차, 로우더, 기중기, 불도우저)에 대해서 오염물질 배출량을 산정하였다.

일반적으로 건설장비에서 배출되는 오염물질의 총량은 작업시에 발생하는 배출량과 작업 현장간의 이동을 위한 도로주행시 발생하는 배출량과의 합이지만, 본 연구에서는 작업시의 배출총량만 고려하였으며 배출가스 총량 산정방식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{해당 건설장비의 연간 배출가스 총량(g/년)} \\
 &= \text{보유대수} \\
 & \times \text{당해 장비류의 보유비 가중평균 정격출력(kW)} \\
 & \times \text{정격출력에 대한 작업시의 평균출력 비율(\%)} \\
 & \times \text{연평균 가동시간(h/년)} \\
 & \times \text{원단위 배출계수(g/kW·h)}
 \end{aligned}$$

3.3 시험모드

배출계수는 건설장비가 운전될 때 발생하는 오염 물질을 단위출력 및 시간당의 질량(g/kW·h)으로 표시하고 있으며 실제 건설공사장에서 작업시 배출 되는 오염물질 배출계수는 건설장비의 운전특성을

Table 4. Driving condition of D-13 mode.

Mode	Engine speed	Load rate (%)	Weight factor
1	idle	-	0.25/3
2	intermediate <sup>1)</sup>	10	0.08
3	"	25	0.08
4	"	50	0.08
5	"	75	0.08
6	"	100	0.25
7	idle	-	0.25/3
8	rated <sup>2)</sup>	100	0.1
9	"	75	0.02
10	"	50	0.02
11	"	25	0.02
12	"	10	0.02
13	idle	-	0.25/3

<sup>1)</sup> Intermediate speed ; 60% engine speed of maximum engine speed

<sup>2)</sup> Rated speed , maximum engine speed

Table 5. Driving condition of ISO-8178 (Type C1) mode.

Mode	Engine speed	Load rate (%)	Driving time (min)	Weight factor
1	Rated speed	100	6	0.15
2		75	6	0.15
3		50	6	0.15
4		10	6	0.1
5	Intermediate speed	100	6	0.1
6		75	6	0.1
7		50	6	0.1
8	Idling	0	6	0.15

Table 6. Specification of test engine.

Model	Spec	Displacement (cc)	Engine power (ps/rpm)	Equipment	Injection type
A		2,953	58/2400	Forklift	IDI
B		5,785	134/2200	Excav, Forklift	DI
C		2,953	50/2200	Excav	IDI
D		8,071	146/2000	Excav. (Wheeled)	DI
E		7,545	128/2000	Excav.	DI
F		11,149	190/1900	Excav	DI(Turbo)
G		11,051	260/2000	Excav. Loader	DI(Turbo)
H		11,051	275/1950	Excav, Loader	DI(Turbo/ Intercooler)

고려한 트랜지언트 조건에서 측정하여야 정확하다. 그러나 측정설비가 없어 현재 비도로용 차량의 오염물질 배출규제 시험모드로 사용되고 있는 ISO-8178 시험모드를 사용하였다. 또한 산정한 배출계수의 타당성 검토를 위해 일본 동경시내의 건설장비에 의한 오염물질 배출실태를 현장조사결과와 모의 실험 등을 통해 만들어진 실측모드(일본 실측모드: 굴삭기, 로우더, 기중기)와 D-13모드에서의 오염물질량 측정결과와 비교, 검토하였다. 표 4, 5에 D-13 모드, ISO-8178에서의 운전조건을 각각 나타내었다.

3.4 시험대상 엔진

시험대상 엔진은 국내에서 생산, 제작되어 건설장비에 가장 많이 탑재되는 엔진을 대상으로 하였으며, 엔진선정시 건설장비의 종류, 연료분사방식, 엔진출력 등을 고려하였다. 그 주요 채원은 표 6과 같다.

3.5 배출가스 측정

3.5.1 시험장치

대형엔진동력계는 630kW의 AC동력계(오스트리아 AVL사, APA DYNO)로서 동력계(engine dynamometer, ELIN), 동력계 제어장치(engine controller, PUMA), 연료온도 조절장치(AVL 753), 냉각수 온도 조절장치(AVL 553), 윤활유 온도조절장치(AVL 554), 흡입공기 유량계, 연료 유량계, 매연 측정기(AVL 407) 등으로 구성되어 있으며, 그림 2는 시험엔진이 장착된 엔진동력계의 모습을 보여주고 있다. 대형경유엔진 배출가스 측정장치는 경유엔진의 배출가스중 CO, THC, NOx, CO<sub>2</sub>를 분석할 수 있는

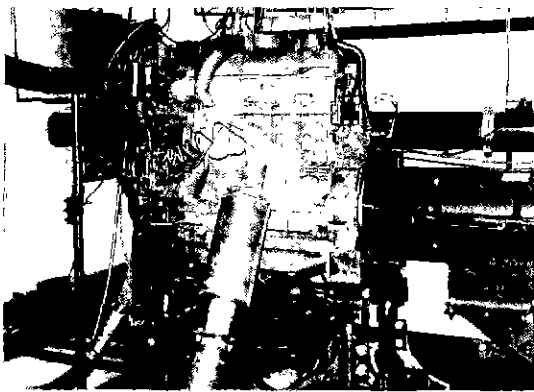


Fig. 2. View of engine dynamometer installed test engine.

Horiba사의 MEXA-9100D를 사용하였고 대형경유 엔진의 입자상물질을 측정하기 위한 시료채취장치는 미니회석터널(AVL 474)을 사용하였다.

3.5 2 측정내용 및 방법

엔진동력계상에 대상엔진을 장착하여 시험조건(흡기온도, 배기온도, 오일온도 등), 엔진성능(연료소비율, 엔진회전수, 축출력, 축토크 등) 및 배기가스 중의 오염물질(CO, THC, NOx, PM, 매연 등) 등을 측정하였다. 측정방법에 있어서 엔진출력 및 연료소비율 시험은 KSR0071 규정으로, 배출가스 측정은 ISO-8178 및 제작차 배출가스 시험방법중 D-13모드 측정방법 등에 따라 측정, 계산하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 배출계수 산출

굴삭기, 지게차, 로우더, 기중기 및 불도우저등에 대한 배출계수를 산출하여 그 결과를 표 7에 나타내었다. 이 결과는 8대의 대상엔진에 대해 ISO-8178모드에서 배출가스를 측정후, 기종별 출력 등급을 고려하여 산출평균한 값이다. 대상엔진은 신규엔진으로서 엔진의 노후화에 따른 오염물질 배출 특성은 고려하지 않았으며, 또한 조사대상엔진이 아닌 기중기와 불도우저 등의 배출계수 산정에 있어서, 기중기의 경우에는 국내 제작사의 ISO-8178에 의한 인증시험자료를 활용하였으며, 불도우저의 경우에는 굴삭기용 배출계수를 적용하였다. 기중기의

Table 7. Exhaust emission factor of construction equipment. (unit : g/kW · h)

Model	CO	THC	NOx	PM
Excavator	2.52	0.94	10.24	0.35
Forklift	3.00	1.35	9.94	0.45
Loader	1.45	0.85	8.40	0.18
Crane	5.07	2.05	5.45	0.40
Bulldozer	2.52	0.94	10.24	0.35

배출계수중 CO와 THC가 높게 나타난 것은 기중기의 운전특성상 저출력으로 주로 운전되기 때문에 단위시간, 단위출력당 종량값으로 계산시 높은 값을 나타낸 결과이다. 또한 다른 건설장비의 배출계수에 비해 로우더가 오염물질별로 배출계수가 낮게 나타난 이유는 터보, 인터쿨러 등 저공해기술을 적용한 엔진을 시험대상엔진으로 선정하여 나타난 결과로서 사료된다.

4.2 배출량 산정 및 대기오염 기여율

4.2.1 배출량 산정

건설장비의 기종별 보유대수가 5,000대 이상인 5개 기종에 대한 오염물질 배출량을 구하기 위해 건설장비 보유대수, 기종별 평균출력율, 배출계수, 연간 가동시간 등을 고려하여 산정한 결과를 표 8에 나타내었다. 배출량 산정에 사용된 건설장비별 보유대수는 1997년 11월말 등록대수이며, 평균출력율과 연간 가동시간은 1995년말 조사자료를 인용하였다. 건설장비 기종별 총오염물질 배출량을 산정한 결과, 굴삭기 > 지게차 > 기중기 > 로우더 > 불도우저의 순으로 많이 배출되었으며, 특히 굴삭기에 의한 NOx, PM의 기여율이 높은 것은 보유대수비율이 큰 원인도 있지만, 굴삭기의 운전특성상 고부하 운전비율이 높아, 이때 주로 배출되는 NOx 및 PM에 기인한 결과로 추정된다.

4.2.2 수송부문 및 전체 대기오염 기여율

'97년 환경부에서 조사된 대기오염물질 배출량 자료를 근거로 조사대상 건설장비의 배출량에 의한 수송부문과 전체 대기오염물질 배출 기여율을 그림 3과 표 9에 나타내었다. 그림 3에서 수송부문에 대한 건설장비의 기여율을 오염물질별로 살펴보면 CO 2.1%, THC 5.7%, NOx 10.9%, PM 2.7%로서

Table 8. Air pollutant emission rate by construction equipment (1997).

Kinds	CO		THC		NO <sub>x</sub>		PM	
	Pollutant (Ton/Year)	Rate (%)	Pollutant (Ton/Year)	Rate (%)	Pollutant (Ton/Year)	Rate (%)	Pollutant (Ton/Year)	Rate (%)
Excavator	9,747	45	3,636	40	39,608	54	1,354	48
Forklift	5,762	26	2,593	29	19,091	26	864	1
Loader	1,184	5	694	8	6,859	9	147	5
Crane	4,361	20	1,763	20	4,688	6	344	12
Bulldozer	811	4	303	3	3,296	4	113	4
Total	21,865	100	8,989	100	73,541	100	2,822	100

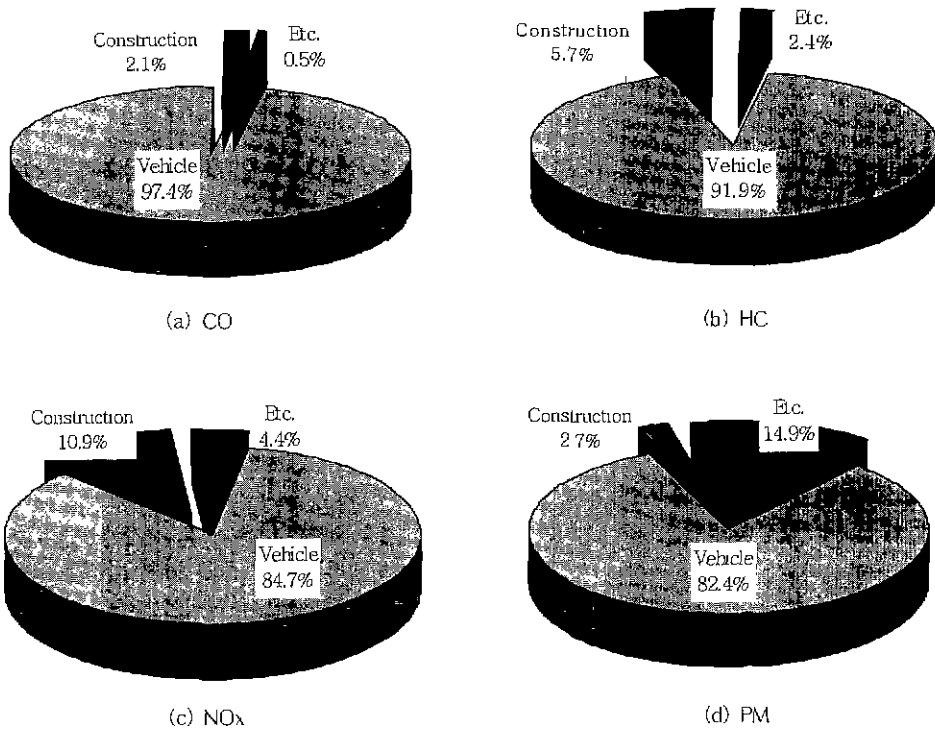


Fig. 3. Air pollutant contribution rate of construction equipment in transportation.

NO<sub>x</sub>가 비교적 다른 오염물질에 비해 높은 기여율을 나타내어 경유사용 건설장비의 주 오염물질임을 알 수 있었다. 또한 NO<sub>x</sub>에 비해 배출량은 적지만 입자상물질의 인체유해성과 작업환경 등을 고려하면 입자상물질의 배출도 단계적인 관리가 필요할 것으로 사료된다. 또한 전체 대기오염물질 배출 기여율을 살펴보면 표 9에서 알 수 있듯이 수송부문에서 배출되는 CO와 HC는 각각 91.4%와 94.8%로서 전체 대기오염물질의 대부분을 차지하고 있으

며, NO<sub>x</sub>도 48.7%로서 거의 절반을 차지하고 PM도 23.3%로서 상당부분 기여하는 것으로 나타났다. 이 중에서 건설장비에 의한 전체 대기오염물질 기여율은 CO 2.0%, THC 5.5%, NO<sub>x</sub> 5.8%, PM 0.6%로서 THC와 NO<sub>x</sub>는 전체 대기오염물질 배출에 상당부분 기여하는 것으로 나타났다. 또한 PM의 경우 그 상대적인 배출량은 작지만 주로 10μm 미만의 미세먼지를 배출하므로 향후 보건학적인 관점에서 많은 연구가 이루어져야 할 것이다

Table 9. Air pollutant contribution rate by the construction equipment on nonroad vehicle (1997). (unit : ton/year)

Section		Emission		CO		HC		NOx		PM		
		Pollutant	Ratio (%)	Pollutant	Ratio (%)	Pollutant	Ratio (%)	Pollutant	Ratio (%)			
Transportation	Onroad	1,008,777	89.3	143,052	88.1	536,965	42.0	87,081	19.9			
	Non-road	Construction	21,865	2.0	8,989	5.5	73,541	5.8	2,822	0.6		
		Others	1,361	0.1	1,987	1.2	12,206	0.9	12,077	2.8		
	Subtotal	1,032,003	91.4	154,028	94.8	622,712	48.7	101,980	23.3			
	Heating	61,670	5.5	2,922	1.8	74,275	5.8	9,250	2.1			
	Industry	18,413	1.6	3,135	2.0	378,050	29.6	157,963	36.0			
	Power Generation	17,006	1.5	2,272	1.4	203,311	15.9	169,338	38.6			
	Total	1,129,092	100	162,357	100	1,278,348	100	438,531	100			

다만, 그림 3에 제시된 전체 수송부문의 오염물질 배출량은 비도로 오염원중 선박과 철도, 항공기, 농업용 기계등을 제외한 것으로서 이 부문에 대한 배출계수 및 배출량 산정은 계속 연구 진행중에 있다. 또한 본 연구결과에는 전국의 지역별 오염물질 배출량 산정결과를 제외하였는데 이는 실제 건설장비들의 작업지역이 등록된 지역에서만 행해지지 않기 때문에 각 지역에 등록된 건설기계 대수만으로 배출량 산정시 의외의 결과가 나올 수 있다. 추후 이러한 점들을 보완하여 보다 정확하고 신뢰성있는 배출계수와 배출량을 산정하고자 한다.

### 5. 결 론

우리나라 실정에 적합한 비도로용 차량(선박, 항공, 농업용 기계, 건설장비)의 배출가스 관리측면에서, 건설장비를 대상으로 삼아, 외국의 배출가스 관리현황과 비교하였고, 정확한 배출량을 산정하고자 우리나라에서 생산되는 건설장비중 엔진출력 및 연소방식등을 고려하여, 가장 많이 사용되는 3종, 8대의 엔진을 선정, 규정된 시험모드(ISO-8178)에서 배출가스를 측정, 분석하여 기종별 평균출력 및 가동시간 등을 이용하여 주요 건설장비(굴삭기, 지게차, 로우더, 기중기, 불도우저 등 5종)에 대해 오염물질 배출량을 산출하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 보유대수가 5,000대 이상인 주요 건설장비의 오염물질 배출량은('97년기준) 전국에서 CO 21,865톤/년, HC 8,989톤/년, NOx 73,541톤/년 및 입자상물

질 2,822톤/년으로서 전체 오염물질중 NOx 배출기여율이 69%로서 가장 높게 나타나 NOx가 건설장비의 주요 오염물질임을 알 수 있었고, 주 오염물질인 NOx 및 PM은 굴삭기, 지게차가 전체의 80%를 차지하고 있어 주요 배출원임을 확인 할 수 있었다.

2. 건설장비에서 배출된 오염물질의 수송부문에 대한 기여율은 CO, THC, PM은 6% 이하로서 낮은 수준이었으나, NOx는 10.9%로서 높게 나타나 경유를 사용하는 건설장비의 주 오염물질임을 알 수 있었다.

3. 향후 건설장비의 수요 증가에 따라 건설장비에 의한 대기오염 기여율은 점차 증가할 것으로 전망되며, 또한 제한된 공간에서 주로 사용되는 건설장비의 작업환경 등을 고려할 때, 선진국수준의 엄격한 배출가스 규제가 요구되며, 또한 배출량 산정에 필요한 여러 인용자료들의 정확성과 신뢰성에 많은 연구와 조사가 지속되어야 할 것으로 사료된다. 끝으로 건설장비외의 다른 비도로용 오염원 중 농업용기계, 선박, 철도, 항공기 등에 대한 배출계수 및 배출량 산정에 관한 연구도 꾸준히 진행중에 있음을 알려드린다.

### 참 고 문 헌

건설교통부, 건설장비 현황, 42000-58050-57-9601, 1996.  
 국민대학교, 건설장비와 농업용 기계의 오염물질 규제방법에 관한 조사연구. Aug. 1993.  
 대한건설장비협회, 건설장비 정보, 제 103 호, DEC. 1997.



일본 건설장비화 연구소, 건설장비 오염물질 배출실태조사. 1991.

일본 건설성 건설경제국 건설장비과, 건설장비에 관한 기술지침. 1991.

일본 환경청, 미규제 자동차 배출실태조사 검토회, 1995.

환경부 국립환경연구원, 대기오염물질 배출량('97), 38010

-67211-56-134, 1998

Michael, P. Walsh, Global Trends in Diesel Emission Control A 1997 Update. SAE 970179.

US EPA, Nonroad Engine and Vehicle Emission Study Report, November. 1991.