

KOSHA GUIDE

H - 169 - 2015

사업장에서 디젤엔진 배기가스 노출  
근로자의 보건관리지침

2015. 11

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

o 작성자 : 부산가톨릭대학교 문찬석

o 제·개정 경과

- 2015년 11월 산업위생분야 제정위원회 심의(제정)

o 관련규격 및 자료

- CDC NIOSH. Evaluation of Prostate Cancer, Diesel Exhaust Exposure, and Radio Frequency Exposure Among Employees at a Rail Yard-Alabama
- HSE. Diesel engine exhaust emissions, 2012
- HSE. HSG 187 Control of diesel engine exhaust emissions in the workplace, 2012

o 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 제24조(보건조치)

o 기술지침 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr))의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2015년 12월 7일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 사업장에서 디젤엔진 배기가스 노출 근로자의 보건관리지침

### 1. 목적

이 지침은 사업장에서 디젤엔진 배기가스에 노출되는 근로자 보건관리를 위한 지침에 필요한 정보의 제공을 목적으로 한다.

### 2. 적용 범위

이 지침은 디젤엔진 배기가스(diesel engine exhaust emissions)에 노출될 수 있는 근로자가 있는 모든 사업장에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “디젤엔진 배기가스”라 함은 디젤엔진 배기관에서 외부로 배출되는 모든 배기물을 말한다. (세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC)는 2012년 6월 12일 디젤엔진 배기가스를 2A등급(발암추정물질)에서 1등급 발암물질로 상향조정하였다.)

(나) “에어로졸”이라 함은 그 크기가 0.001 ~ 1.0  $\mu\text{m}$  정도이며 대기 중에 부유하는 고체 또는 액체상태의 작은 입자이다. 이 입자는 여러가지 화학반응을 통하여 대기오염에 관여할 수 있다.

(다) “다환방향족 탄화수소(PAHs)”라 함은 둘 이상의 벤젠 고리를 가지고 있는 탄화수소류를 말한다. 세계보건기구(WHO), 산하 국제 암 연구 센터(IARC)가 지정한 1급 발암물질인 벤젠 등 각종 발암물질과 신경 독성 물질 등 인체

에 특히 해로운 유해물질들을 통칭한다. 아세나프텐, 벤조피렌, 나프탈렌, 안트라센, 크리센 등이 있다.

(라) “시간가중평균값(TWA, Time-Weighted Average)”이라 함은 1일 8시간 작업을 기준으로 한 평균노출농도를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

## 4. 디젤엔진 배기가스의 구성, 노출 및 건강영향

### 4.1 디젤엔진 배기가스 구성

(1) 디젤엔진 배기가스는 가스, 증기, 액체 에어로졸 및 입자 물질의 복잡한 혼합물이다. 이러한 물질들은 연소에 의한 생성물이다. [표 1]은 디젤엔진 배기가스의 주요 화학 성분을 나열한 표이다.

<표 1> 디젤엔진 배기가스 배출의 주요 화학 성분

탄소 (carbon)
물 (H <sub>2</sub> O)
일산화탄소 (CO)
이산화탄소 (CO <sub>2</sub> )
질소 산화물 (NO <sub>x</sub> )
황 산화물(SO <sub>x</sub> )
알콜 (Alcohol)
알데히드 (Aldehyde)
케톤 (Ketone)
다양한 탄화수소 (Hydrocarbons)
다환 방향족 탄화수소 (PAHs)

(2) 디젤엔진 배기가스는 가솔린 엔진에 비해 보통 10배 이상 더 많은 그을음을 포함하고 있다. 일반적으로 디젤엔진은 가솔린엔진 보다 더 많은 질소 산화물, 황 산화물, 알데히드 및 입자상 물질, 일산화탄소를 생성한다.

(3) 눈으로 확인 가능한 연기는 다음 세 가지 유형의 연소 중에 생성 될 수 있다.

(가) 엔진이 낡았거나 정비 불량인 경우 부분적으로 연소된 연료에 의하여 푸른색 연기가 발생한다.(주로 석유와 연료의 불완전연소)

(나) 연료를 운반하는 시스템의 결함이나 엔진이 최고 속도에 가깝게 작동될 때 엔진내부의 기계적인 결함에 있다면 검은 연기가 발생한다.(검댕, 오일 및 연료 불완전연소)

(다) 엔진에 열이 오르지 않은 상태에서 작동시키면 흰 연기가 발생한다.(물방울과 연료의 미연소)

#### 4.2 작업장에서의 디젤엔진 배기가스의 노출

(1) 작업장에서 디젤엔진 배기가스의 주요 노출원은 디젤 연료를 사용하는 지게차 및 대형 차량 등(덤프트럭, 버스, 기차, 대형운반차, 트랙터 등)에서 주로 발생한다. 디젤차량의 수리 또는 정비, 도로 요금소, 소방서, 선박이나 기차의 정거/정박장에서도 노출될 수 있다.

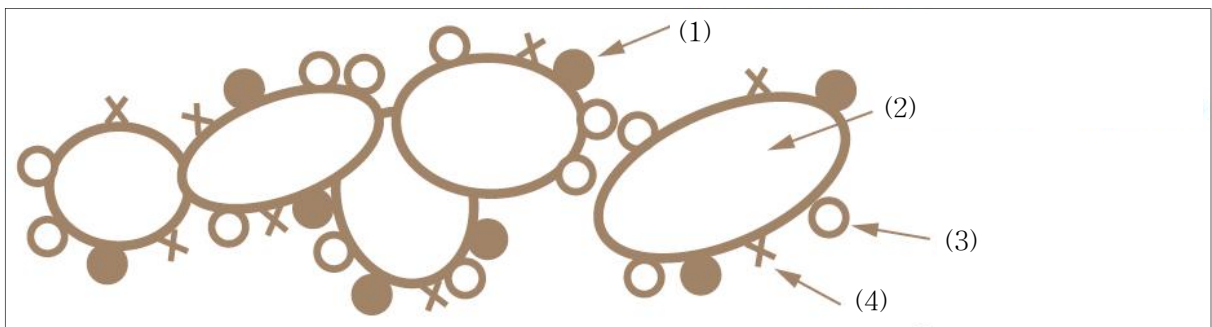
(2) 디젤엔진 배기가스는 건설 현장에서 유지 보수 작업 시에도 나타나며, 고정 전력원(발전기)에서도 발생된다.

(3) 디젤엔진 배기가스는 전문버스기사, 대형화물트럭 운전자, 택시 기사뿐만 아니라, 경찰, 교통 감시인도 직업적으로 노출된다.

#### 4.3 건강에 미치는 영향

(1) 디젤엔진 배기가스는 눈을 자극하고, 호흡기에 영향을 미친다.

- (2) 디젤엔진 배기가스의 청색 또는 검은 연기에 장기간 노출될 경우, 기침, 객담이 증가하고 호흡곤란으로 이어질 수 있다.
- (3) 디젤엔진 배기가스는 배출되는 검댕 입자에 발암 물질인 PAHs (다환 방향족 탄화수소)가 흡착된 형태이다. <그림 1> 이 미립자는 쉽게 호흡기로 흡입되고 직업적인 노출이 될 경우 폐암의 위험이 증가 될 수 있다.



- (1) 다환방향족탄화수소류, (2) 매연입자 (직경 약 25nm), (3) 물방울 또는 수용성가스, (4) 다양한 탄화수소류

<그림 1> 디젤 배기가스 내의 검댕에 흡착된 다환방향족탄화수소류(PAHs)의 모식도 (HSE. HSG 187 Control of diesel engine exhaust emissions in the workplace, 2012)

#### 4.4 위험성 평가

- (1) 위험성 평가는 유해 물질 노출에 대한 건강 위험 평가와 위험을 관리하기 위한 조치를 취하는데 필요하다.
- (2) 위험성을 평가하기 위하여 작업의 빈도, 작업의 내용을 정기적으로 평가하고 검토하여야 한다.
- (3) 위험성 평가의 목적은 건강 유해 물질의 제어 수준, 잠재적인 노출 수준 등을 결정하여 예방하는데 있다. 특히 청색 또는 검은 연기가 작업장 내에 있는 경우 더욱 관리를 엄격히 할 필요가 있다. <표 2>

<표 2> 디젤엔진 배기가스 노출 수준의 평가

낮음	중간	높음
작업장 내 육안으로 확인되는 연무는 없음	작업장 내 가끔 흰색, 청색 또는 검은연기가 나타남	작업장 내 지속적으로 흰색, 청색 또는 검은연기가 나타남
육안으로 확인되는 검댕은 없음	검댕이 특정 지역에서 보임	배출원 부근에서 특별히 많은 검댕이 보임
자극성이 없음	자극성이 일부 있음	노출된 근로자는 모두 자극을 호소함
이산화탄소 노출수준이 8시간 기준 TWA 1000 ppm 보다 낮을 경우	이산화탄소 노출수준이 8시간 TWA 1000 ppm 정도	이산화탄소 노출수준이 8시간 TWA 1000 ppm 이상
통제가 가능할 수 있음.	통제의 적절성을 체크해야 함	통제 전략이 필요함

- (4) 눈으로 확인 가능한 매연 또는 자극성의 문제가 있는 경우는 제어의 효율을 평가하기 위해 모니터링을 해야 할 필요가 있다.

## 5. 디젤엔진 배기가스의 위험성 평가 및 노출관리

### 5.1 예방 및 노출관리

#### (1) 예방

근로자들의 건강 및 안전을 위하여 유해물질의 노출을 관리해야 한다. 예를 들면, 작업 방법 변경, 작업장 레이아웃 변경, 작업장 내 배기가스를 제거하기 위한 방법 수정, 또는 디젤 연료를 안전한 연료로 대체(천연 가스, 배터리 구동 차량 등) 하여 디젤엔진 배기가스에 노출되는 것을 방지하도록 하여야 한다.

## (2) 노출관리

작업장에서 디젤엔진 배기가스의 노출제어가 합리적으로 시행될 수 없는 상황에서는 개별적 상황을 고려하고 노출을 줄이기 위해 필요한 관리 조치를 취해야 한다.

### (가) 공학적 관리

- ① 높은 연료 효율을 나타내며 유해 배출물의 양이 적은 엔진을 사용한다. 즉, 기체산화물의 배출을 감소시키기 위해 높은 엔진분사압력을 가진 엔진이나 기체 산화물 배출을 줄이기 위한 배기가스 재순환 시스템을 이용한다.
- ② 저유황 디젤 연료와 같은 청정 연료의 사용, 배기관 배기 추출 시스템으로 공학적인 관리를 한다. <그림 2, 그림 3>
- ③ 배출가스를 줄이기 위한 장치로서 매연후처리장치(DPF), 선택환원촉진장치(SCR)등을 이용하면 질소산화물(NOx)은 80%, 미세먼지(PM)는 50%를 저감시킬 수 있다.

### (나) 시동 관리

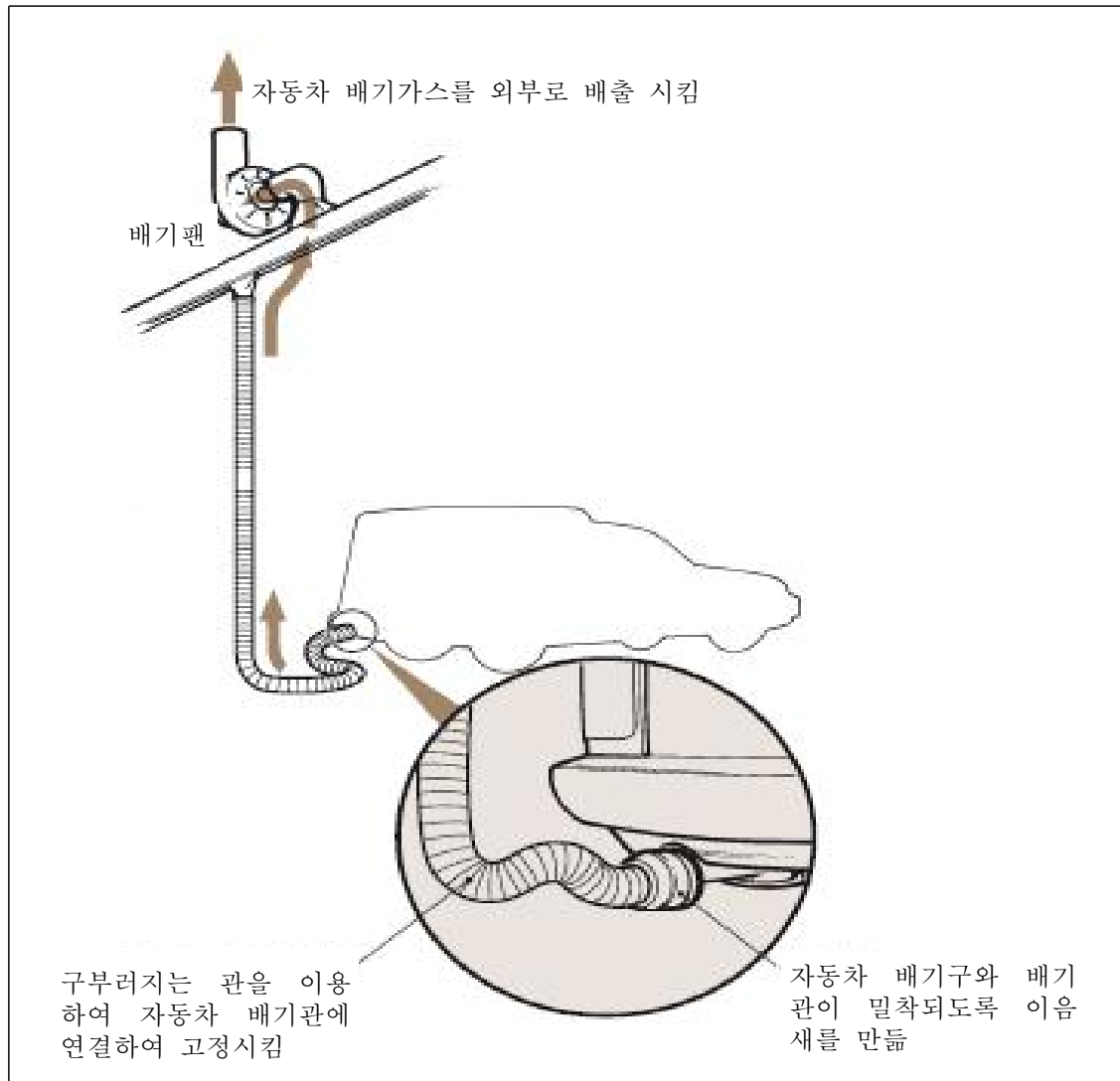
필요하지 않을 시에는 엔진 시동을 끈다. 실질적으로 작업자의 직접적인 노출과 노출기간을 줄이기 위하여 교대 작업 등을 강구한다.

### (다) 호흡용 보호 장비(RPE)

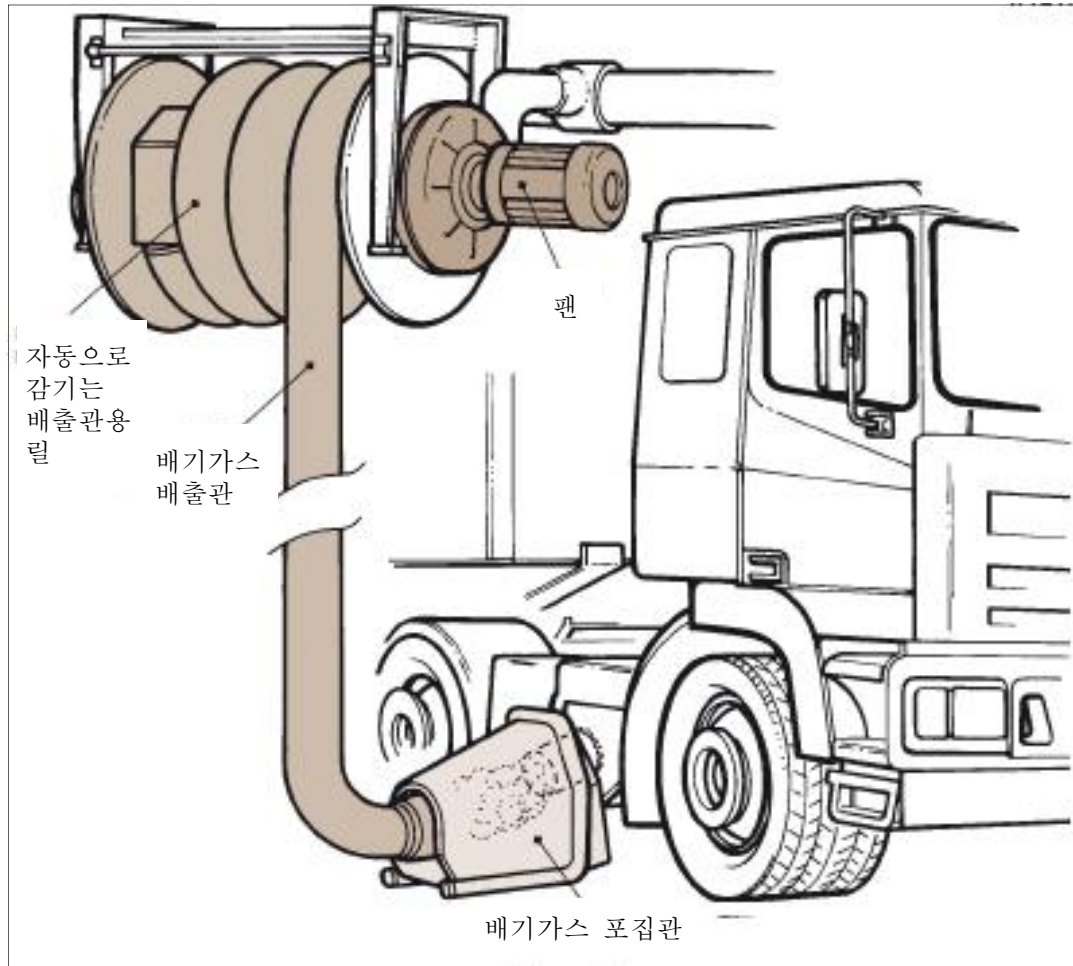
- ① 디젤엔진 배기가스 노출을 제어하기 위해 배출원에 대한 가장 적합한 제어 시스템을 사용하여야 하며, 호흡용 보호 장비(RPE)는 차선택이 되어야 한다.
- ② 호흡용 보호 장비(RPE)는 디젤엔진 배기가스와 그 입자의 구성 요소에 따라 적합한 보호구를 사용해야 한다.



- ③ 작업시에 호흡용 보호구 착용하여 불편함을 느끼게 된다면 작업이 효율적이지 못하며, 유해물 노출의 방지 수단을 호흡용 보호구에 의존해서는 않된다.



<그림 2> 배기관 배기 추출 시스템(HSE. HSG 187 Control of diesel engine exhaust emissions in the workplace, 2012)



<그림 3> 자동차 배기관에 연결되는 깔대기 모양의 연결파이프와 자동 되감기 배출관용 릴 및 배기 팬 (HSE. HSG 187 Control of diesel engine exhaust emissions in the workplace, 2012)

#### (라) 개인보호장비의 사용

- ① 작업에 있어 개인보호장비가 적절하게 사용 또는 적용되었는지 확인해야 한다.
- ② 근로자는 개인보호장비가 결함이 있다면 신속한 조치를 취하기 위해 즉시 보고해야 한다.

③ 근로자는 사업주가 제공하는 개인보호장비를 적절하게 착용하여야 한다.

(마) 유지 보수, 검사 및 관리 대책

① 작업장에서 디젤엔진 배기가스 노출을 제어하기 위해 제공하는 모든 조치가 효과적인 상태로 유지되고, 효율적으로 작업 순서에 맞게 배치되어 있는지 확인해야 한다.

② 공학적 관리를 하는 경우, 일정한 간격을 두고 면밀하게 관리한다.

③ 호흡용 보호구를 사용하는 경우 철저한 검사 및 유지 보수를 할 수 없다면 일회용 호흡용 보호구를 사용해야 한다. 예를 들면, 다회용 안면 보호구의 정기적인 유지 및 보수는 적어도 1개월 이내에 1회 이상 하며, 작업자가 작업 중 필요하다고 생각될 때는 언제든지 검사 및 보수를 실시하여야 한다.

(바) 작업장 디젤엔진 배기가스 노출 모니터링

디젤엔진 배기가스 노출 모니터링은 다음과 같은 경우에 필요하다.

- ① 고장 및 성능저하 또는 명백한 건강 영향을 초래할 수 있는 경우
- ② 작업장 노출 한계(WELs) 또는 작업장 내에서 자체적으로 시행하는 작업 표준보다 초과되었는지 여부를 확인 할 경우
- ③ 미립자 필터, 국소배기환기 또는 일반 환기의 효과를 확인 할 경우
- ④ 노출 제어의 유효성을 판단하기 위한 경우

(사) 디젤엔진 배기가스에 대한 개인 노출 모니터링

- ① 흡입 노출 수준, 위험에 따라서 개인의 노출수준에 대한 모니터링을 실시하여야 한다.

- ② 개인 포집 시료로서 작업자의 호흡 영역에서 채취한다.
- ③ 시료의 채취는 작업 중 가장 높은 노출이 나타나는 시기 및 엔진의 수리, 유지/보수를 위한 작업도 포함된다.
- ④ 지게차의 경우는 운전 중에 개인 노출 모니터링이 필요하다.
- ⑤ 샘플링 시간은 작업의 형태에 따라 달라진다. 작업장 대기 자료를 수집하고 시간 가중 평균 농도(TWA)을 도출하기 위해서는 대부분 6-8시간 정도 채취 시간이 필요하다.
- ⑥ 노출 수준을 제어하기 위하여 필요한 경우 단시간 노출 기준(STEL)을 측정하여 노출 위험성과 노출 수준을 제어 관리 위한 평가 자료로 활용할 수 있다.

#### (아) 근로자의 건강 감시

사업주는 근로자가 단기간 또는 장기간 작업으로 디젤엔진 배기가스에 노출되어 건강 장애가 우려되는 경우, 근로자와 함께 논의하는 것이 바람직 하다. 그리고 노조 대표 및 안전관리자에게도 정보를 제공하여 노출을 최소화 하도록 하여야 한다.

#### (자) 교육 및 훈련

근로자들에게는 디젤엔진 배기가스의 직업적 노출 및 관리 대책에 대한 건강 위험 정보, 훈련, 교육이 시행되어야 한다.

#### (차) 작업장 별 디젤엔진 배기가스 노출 관리

디젤엔진 배기가스 노출 관리를 위하여 작업장의 위험성 평가 결과를 비교하고 작업 상황에 적합한지 확인하여야 한다. 상황 별 대체 연료 또는 기술 및 배기가스 제어를 위한 촉매나 비촉매 미립자 트랩의 사용 등 적절한 조치를 고려해

야 한다.

### ① 주차장 및 정비소

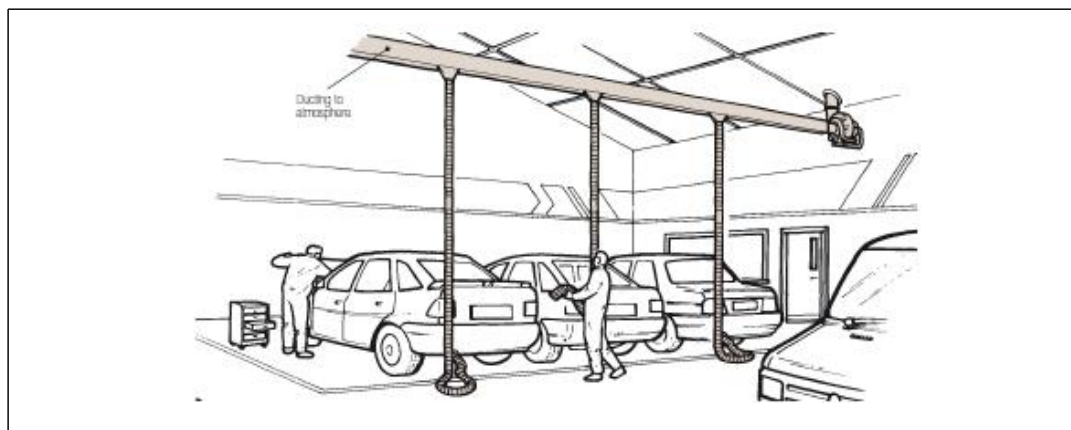
차량 정비소 또는 차량 정기 검사소에는 많은 차량이 처리되므로 자연환기 만으로는 충분하지 않을 수 있다.

작업장에서 공회전하는 여러 차량이 있는 경우에는 적절한 자연 공기 교환에 의해 제어 될 수 있는 것 보다 더 많은 양의 배기가스가 발생한다.

제어의 가장 효과적인 방법은 배기관에 부착하여 <그림 3>과 같은 외부 배출 시스템을 이용하여 노출원의 배기가스를 제거할 수 있다.

다른 방법으로는 배기관 출구에 부착된 휴대용 필터를 사용한다.

동시에 여러대의 차량에 배기가스가 발생하는 경우에는 여러대의 차량 배기관에 부착시킬 수 있는 연결 시스템을 사용할 수 있다. <그림 4>



<그림 4> 차량 배기관에 부착된 멀티호스 시스템 (HSE, HSG 187  
Control of diesel engine exhaust emissions in the  
workplace, 2012)

### ② 버스 차고지

운전자 또는 수리기사가 점검하는 동안 디젤엔진 배기가스에 노출될 가능성이 높다.

가장 이상적인 공학적 방안으로는 일반적인 환기 시스템이다. 예를 들어 문을 개방하고, 차고지 벽면과 지붕에 통풍구를 설치한다. 지붕이나 벽면의 통풍구를 개방하여 깨끗한 공기의 흐름을 지속적으로 유지시킨다.

출입구나 통풍구의 개방이 비실용적이라면 다른 방안으로 대체하여야 한다. 버스 배기관에 연결된 국소배기장치 또는 미립자 필터가 부착된 플렉시블 덕트를 사용하여 제어 할 수 있다.



<그림 5> 깨끗한 공기의 흐름을 지속적으로 제공하기 위해 버스 차고지 문 개방 (HSE. HSG 187 Control of diesel engine exhaust emissions in the workplace, 2012)

### ③ 철도의 수리 및 철도 터널

철도의 경우 디젤엔진 배기가스의 노출 중 많은 부분은 디젤 동력 기관차에 의해 일어난다.

작업자는 터널 내 작업, 유지 보수 및 수리 등으로 디젤엔진 배기가스에 다량으로 노출될 수 있다. 차량이 공회전 할 때, 디젤 엔진은 다량의 배기가스를 배출한다. 따라서 공회전 시간을 감소시킬 필요가 있다.

엔진 및 철도 차량의 정기적인 유지 보수는 배출 수준을 최소로 유지하도록 하여야 한다.

#### ④ 도로 통행 요금소

도로 통행 요금소 및 주차장에서 근무하는 작업자의 경우 디젤과 가솔린 엔진 배기 가스에 노출될 수 있다.

노출수준은 기상 조건, 차량의 수, 제어 수단에 따라 달라진다.

도로 통행 요금소 실내는 양압하에 유지되도록 하고 오염되지 않은 신선한 공기가 충분히 공급되어야 한다.

#### ⑤ 소방서

소방서의 경우 24시간 대기해야 하기 때문에 소방차가 위치하고 있는 차고 내에는 엔진에서 배출되는 배기가스가 건물 내에 축적될 수 있다.

배기 추출 시스템에 연결된 배기관을 차량 배기관에 부착하여 디젤엔진 배기가스를 제거 할 필요가 있다.<그림 2>, <그림 3>

차량이 급히 출동해야 하는 경우, 자동으로 엔진 배기관에 부착되었던 연결관이 분리되는 장치를 장착한다.

소방차량은 차량의 엔진이 잘 유지되도록 정기적으로 점검하고 필요시 수리한다.