

# Health and Environmental Effects

金萬永, 선임연구원乙, 崔圭勳, 수석연구원, 디젤엔진시험팀, 譯  
W. Addy Majewski, PhD, President of Ecopoint Inc., <http://www.dieselnet.com/tg.html>, 著

## Abstract

디젤의 배기가스에는 생물학적으로 활성성분인 많은 물질들이 포함되어 있다. 그 중에서 디젤 입자상물질(particulate) 및 이와 관련된 유기질성분(organic phase)들이 인간의 건강과 관련이 있는 가장 해로운 물질로 주목받고 있다. 환경문제와의 상관관계에서 살펴보면, 디젤의 장점은 무엇보다도 “지구온난화 가스(greenhouse gas)”와 일산화탄소(hydrocarbon, HC)의 배출이 적다는 것이고, 가장 큰 단점은 NO<sub>x</sub>의 배출이 많다는 것이다.

## 1. Toxic Compounds in Diesel Exhaust

디젤엔진의 배기가스에서 발견되는 주요 독성가스 화합물은 일산화탄소(carbon monoxide, CO), 산화질소(nitric oxide, NO), 이산화질소(nitrogen dioxide, NO<sub>2</sub>), 그리고 이산화황(sulfur dioxide, SO<sub>2</sub>)이다. 지난 수년동안 이러한 화합물의 생물학적 활성(biological activity)과 독성에 대한 연구가 활발히 이루어짐에 따라 그 특성이 비교적 잘 알려져 있다.

최근, 디젤 입자상물질(diesel particulate matter, DPM)은 디젤의 모든 배출물질 중에서 인간의 건강에 악영향을 미치는 물질로서 가장 큰 관심을 받아 왔다. 하지만, DPM이 인간의 건강에 미치는 효과에 대한 의학적 연구는, 인간이 가지고 있는 지식에 대한 새로운 연구분야로서, 아직도 초기단계에 머무르고 있는 실정이다. 논쟁의 여지가 있는 각계의 의견과 많은 의문사항들에 대하여 여전히 충분한 답변과 설명이 이루어지지 않고 있다. 따라서 이에 대한 지속적인 관심과 연구가 절실히 요구되고 있다. 한편, DPM과 이의 각 성분이 미치는 영향에 대한 불확실성은 일반적이면서도 정확한 디젤 입자상물질의 정의가 이루어지지 않고 있다는 데서도 확인할 수 있다. 실제적으로 모든 공공 보건/엔진 배출가스 규제에서는 DPM을 고체(solid), 유기물(organic), 그리고 황산염(sulfate)의 혼합물로 정의하고 있는 한편, 일부에서는 황산염(sulfate)을 제외시킨 총탄소(total carbon), 또는 황산염(sulfate)과 유기물(organic)을 제외시킨 기본탄소(elemental carbon)로 정의하자고 제안되고 있을 뿐만 아니라 다양한 직업건강 규제에서는 이를 채택하고 있기도 하다.

디젤에서 배출되는 물질 중에는 비록 배기가스에서 극히 소량이 배출되기는 하지만 인간의 건강에 위협을 주는 다른 화합물이 많이 존재한다. 이러한 범위에 속하는 중요한 화합물에는 PAH (polynuclear aromatic hydrocarbon), nitro-PAHs, 알데히드(aldehyde), 그리고 기타 탄화수소

(hydrocarbon) 계통의 물질과 그 유도체(derivative) 등을 들 수 있다. 순수 상태에서 이들 중의 몇 성분은 발암물질(carcinogen)로 분류된다. (e.g., chrysene, benzo[a]anthracene, benzo[a]pyrene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, dibenzo[a,h]anthracene, indeno[1,2,3-c,d]pyrene). 비록 배기가스 중의 이들의 농도는 디젤의 주요 오염물질과 비교했을 때 1/10 수준에 불과하지만 이들은 건강에 중대한 위협을 가져올 수 있는 물질들이다. 한편, 미국환경 보호청(Environmental Protection Agency, EPA)에서는 도시지역의 위험한 공기 오염물질(hazardous air pollutant, HAP)에 “다환(多環)유기물질(polycyclic organic matter, POM)”을 추가로 지정하였다. 여기에서 POM은 하나 이상의 벤젠고리(benzene ring)가 있고 끓는점이 100 °C 이상인 화합물로 정의되는데, 실제적으로 디젤의 모든 PAH 물질들이 여기에 포함된다.

PAH와 같은 중(重)유기화합물(heavy organic compound)의 대부분은 디젤 배출물질의 입자상(particulate phase)에서 발견된다. 이러한 결합(association) 특성, 그리고 이들의 매우 낮은 농도로 인하여 이러한 유기화합물이 건강에 미치는 영향과 DPM의 고체성분이 건강에 미치는 영향을 서로 구분하기가 쉽지 않다. 가장 손쉬운 접근방법은 이들을 구분하지 않고 전체를 하나의 DPM으로 놓고 그 영향을 고찰하는 것이다. 한편, 캘리포니아에서는 고체 및 유기물 모두를 포함한 디젤 입자상물질은 공기의 독성 오염물질로 인정되고 있다.

일부 연구에서는 매우 단순한 방법, 즉, 기체상 오염물질(gaseous pollutant)과 입자상물질(particulate)을 서로 구분하지 않은 채 “전체 디젤 배기가스(whole diesel exhaust)”의 영향만을 고찰하기도 하였다. 이러한 연구에서 디젤 입자상물질은 종종 디젤배기가스의 노출(exposure) 정도를 나타내는 척도로 사용되지만, 배기가스의 어떤 성분이 건강과 관련된 어떤 특정한 영향을 미치는지에 대한 분석은 하지 않는다. 디젤 배출가스 제어의 장래의 전망이라는 관점에서 보면 이러한 접근방법은 실용적이지 못하다. 디젤 배기가스 전체를 하나로 뭉뚱그려서 인간의 건강에 부정적 영향을 미친다고 비난하는 것은 배출가스 규제치를 설정하는 데에나 또는 적당한 제어기술을 선택하는 데에 있어서 전혀 도움이 되지 않는다. 디젤의 배기가스는 질소(N<sub>2</sub>), 산소(O<sub>2</sub>), 수증기(H<sub>2</sub>O), 그리고 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 등 99% 이상의 무독성 물질(non-toxic material)로 구성되어 있다. 최근 발표된 자료에 의하면, 고체 무기물 탄소(solid inorganic carbon), 그리고 이와 관련된 유기물질(organic material)로 구성된 입자상물질(particulate phase)이 인간의 건강에 큰 영향을 미친다는 데에는 의견의 일치가 이루어지고 있다. (WHO, 1996)

아래의 Table 1에 디젤 배기물질 중에서 인간의 건강 및 환경에 부정적 영향을 미치는 요소들이 정리되어 있다. (HEI, 1995) 각 물질이 일으킬 수 있는 생물학적 영향과 대기와의 작용에 의한 반응생성물(atmospheric reaction product)도 함께 나와 있는데, 이것들은 이 물질들의 순수 상태(pure state)에서의 생물학적 활성(biological activity)을 나타낸다. 한편, 디젤 배기가스에서 측정되는 농도 수준에서 일부 화합물의 생물학적 효과는 나타날 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

Table 1 Biological Impact of Diesel Emission Compounds

Emission Component	Atmospheric Reaction Products	Biological Impact
--------------------	-------------------------------	-------------------

Gas Phase		
Carbon monoxide	-	Highly toxic to humans; blocks oxygen uptake.
Nitrogen oxides	Nitric acid, ozone	Nitrogen dioxide is a respiratory tract irritant and major ozone precursor. Nitric acid contributes to acid rain.
Sulfur dioxide	Sulfuric acid	Respiratory tract irritation. Contributor to acid rain.
Carbon dioxide	-	Major contributor to global warming
Saturated hydrocarbons (Alkanes, < C <sub>19</sub> )	Aldehydes, alkyl nitrates, ketones	Respiratory tract irritation. Reaction products are ozone precursors (in the presence of NO <sub>x</sub> ).
Unsaturated hydrocarbons (Alkenes < C <sub>5</sub> )	Aldehydes, ketones	Respiratory tract irritation. Some alkenes are mutagenic and carcinogenic. Reaction products are ozone precursors (in the presence of NO <sub>x</sub> ).
Formaldehyde	Carbon monoxide, hydroperoxyl radicals	Formaldehyde is a probable human carcinogen and an ozone precursor (in the presence of NO <sub>x</sub> ).
Higher aldehydes (e.g., acrolein)	Peroxyacyl nitrates	Respiratory tract and eye irritation; causes plant Damage
Higher aldehydes (e.g., acrolein)	Peroxyacyl nitrates	Respiratory tract and eye irritation; causes plant damage.
Monocyclic aromatic Compounds (e.g. benzene, toluene)	Hydroxylated and hydroxylated-nitro derivatives	Benzene is toxic and carcinogenic in humans. Some reaction products are mutagenic in bacteria (Ames assay).
PAHs (< 5 rings) (e.g. phenanthrene, fluoroanthene)	Nitro-PAHs (<5 rings)	Some of these PAHs and nitro-PAHs are known mutagens and carcinogens.
Nitro-PAHs (2 and 3 rings) (e.g. nitronaphtalenes)	Quinones and hydroxylated-nitro derivatives	Some reaction products are mutagenic in bacteria (Ames assay).
Particulate Phase		
Elemental carbon	-	Nuclei adsorb organic compounds; size permits transport deep into the lungs (alveoli).
Inorganic sulfates	-	Respiratory tract irritation.
Aliphatic hydrocarbons (C <sub>14</sub> ~ C <sub>35</sub> )	Little information; possibly aldehydes, ketones, and alkyl nitrates	Unknown.
PAHs (4 rings and more) (e.g., pyrene, benzo(a)pyrene)	Nitro-PAHs (4 rings and more), nitro-PAH lactones	Larger PAHs are major contributors of carcinogens in combustion emissions. Many nitro-PAHs are potent mutagens and carcinogens
Nitro-PAHs (3 rings and more) (e.g., nitropyrenes)	Hydroxylated-nitro derivatives	Many nitro-PAHs are potent mutagens and carcinogens. Some reaction products are mutagenic in bacteria (Ames assay).

## 2. Inventories and Exposure

특정한 지역에서의 전체적인 대기오염은 항상 다양한 배출물질 오염원(source)에 기인한다. 내연기관 이외의 중요한 오염원으로는 발전설비, 도시 쓰레기 소각로, 목재/석탄 난로, 그리고 화재(open

fire) 뿐만 아니라 비연소(non-combustion) 산업시설 등 다양하다. 인간의 활동에 의한 이러한 오염원에서 나오는 배출물질들은 “인류배출물(anthropogenic)”이라고 불린다. 한편, 대기오염물질은 또한 많은 “자연배출물(non-anthropogenic)”, 즉, 자연원(natural source)에서도 발생하는데, 그 예로서 토양과 해양에서의 생물학적 작용, 식물, 동물, 화산폭발, 화재, 그리고 풍식(風蝕, wind wrosion) 등을 들 수 있다.

오염물질을 제어하기 위해서는 이러한 오염원 중에서 어떤 오염원이 특정한 지역의 오염에 큰 영향을 미치는지를 알아야 한다. 단지 그러한 정보만을 알고 있다면, 중요한 오염원에 대한 적당한 제어 방법을 적용함으로써 오염을 효과적으로 방지할 수 있다. 따라서, 여러 가지 오염원에서의 배출가스 모델링과 배출가스 오염원 목록(emission inventory)의 결정은 정부의 환경 규제국에서 일상적으로 수행하고 있다. 배출가스의 오염원 목록에 대한 연구는 연구기관 또는 학계에서도 수행하고 있다.

일부 대기 오염물질을 자연(natural) 및 인류배출물(anthropogenic)로 구분하여 전세계적으로 배출되는 양에 대한 추정치가 아래의 Table 2에 나와 있다. 인류배출물의 경우 여러 종류의 교통수단에서 배출되는 비율도 함께 표시하였다.

Table 2 Worldwide Emissions from Natural and Anthropogenic Sources  
(data from Lenz (1999), reference 1996)

Emission	Natural	Anthropogenic			
		Total	Passenger Cars	Trucks	Other traffic <sup>a</sup>
	Mt/yr	Mt/yr	%*	%*	%*
Carbon dioxide, CO <sub>2</sub>	770,000	28,000	5.5	6	6.5
Methane, CH <sub>4</sub>	225	380	0.3	0.2	-
Nitrous oxide, N <sub>2</sub> O	35	16	1.6	1.6	1.8
Nitrogen oxides, NO <sub>x</sub>	80	110	9	11	10

a - includes air, open sea, and other traffic  
\* - relative to total anthropogenic emission

여기에서 주목해야 할 것은, NO<sub>x</sub>의 경우 전체 오염원 목록 중에서 인간에 의한 배출이 더 많은 것이다. 하지만, 다른 화합물들의 경우, 인류배출물은 자연배출물에 비해 상대적으로 적은 비중을 차지한다. 아쉽게도 엔진에서 배출되는 다른 오염물질에 대한 위와 같은 비교자료는 문헌에서 구할 수 없었다. (Lenz, 1999) 인류배출물의 오염원 목록을 살펴 보면, 자동차용 내연기관은 인간에 의한 전체 배출물질에서 차지하는 비중이 매우 큼을 알 수 있다. 한편, 현재의 산업화된 국가에서, 자동차에 의한 NO<sub>x</sub>의 발생은 전체 오염원 중의 50%를 차지하고 CO의 경우 70% 이상을 차지할 뿐만 아니라 HC와 PM의 배출 역시 상당한 부분을 차지하고 있다. 자동차에 의한 배출만을 한정해 놓고 볼 때 PM10 배출의 약 70%는 디젤엔진에 의한 것이다. 실제 디젤 입자상물질의 크기는 대부분 1 μm 이하로 매우 작기 때문에 디젤이 PM2.5에서 차지하는 비중은 이보다 더

크다. 한편, 자동차에 의한  $\text{NO}_x$  배출의 경우 디젤엔진과 가솔린엔진은 서로 50% 씩 차지한다. 하지만 HC와 CO 배출의 경우 대부분 가솔린기관에서 배출되며, 디젤이 차지하는 비중은 각각 10%와 5%에 지나지 않는다. (EPA, 1998)

각 오염원에 따른 배출비율을 계산하는 데 사용되는 배출물질 모델(emission model)은 자동차 대수, 부하/운행 형태(duty cycle), 또는 차량의 노후화, 정비, 그리고 기후 조건과 같은 배출가스 관련 인자에 대한 의존성 등과 같은 여러 가지 가정을 토대로 만들어진다. 하지만 이러한 가정들은 지속적으로 대조 확인될 뿐만 아니라 실제 변할 수 있는 조건들이기 때문에 오염원 목록은 영구적인 것이 결코 아니다. 똑 같은 오염원 목록도 조사시기에 따라 상당한 변화가 있을 수 있고, 서로 다른 기관에서 작성된 오염원 목록 사이에도 상당한 차이가 있을 수 있다. 지역조건(예를 들어, 교통량의 밀도와 구조, 기후, 등)이 서로 다르면 고려 대상 지역의 오염물질 배출원도 상당히 달라진다. 예를 들어, 비록 미국에서 PM 배출의 대부분은 디젤차량에 의한 것일지라도, Denver 지역에서 이루어진 연구에 따르면 가솔린엔진에 의한 PM<sub>2.5</sub> 배출은 디젤엔진의 그것보다 거의 세 배 정도가 높게 나왔다. (CSU, 1998)

특정 종류의 차량이 전체적인 오염물질 배출원에 미치는 상대적인 기여도는 각 차량의 배기규제 구조에 영향을 미친다. 이에 대한 좋은 예는 1997년 도입된 철도기관차(railway locomotive)에 대한 배기규제이다. (EPA, 1998b) 미국의 EPA는 철도기관차에서 나오는  $\text{NO}_x$  배출은 전국에서 배출되는 양의 5.5%를 차지하고, PM 배출은 0.1%라고 평가하였다. 이에 따라 최종 배기규제의 주요 대상물질은  $\text{NO}_x$ 였고, PM에 대해서는 매우 관대한 기준을 세웠다. 사실, Tire 1과 2에서의 PM 규제치는 그 규제가 세워질 당시의 존재했던 배출수준보다 더 느슨하였다.

특정 성분이 건강에 미치는 부정적 영향은 특정 화합물의 독성(toxicity) 및 지역적인 노출(exposure) 조건, 즉, 농도와 시간에 따라 달라진다. 인간이 디젤 배기가스에 노출되는 정도는 건강 위험성 평가(health hazard assessment), 투약된 약의 용량과 생리학적 효과의 관계 해석(dose-response analysis), 또는 유행병과 관련된 디젤 배기가스 연구(epidemiological diesel exhaust study) 등에 필요한 기본적인 정보이다.

디젤 입자상물질은 종종 디젤 배기가스에 노출되는 정도를 나타내는 “추적물(tracer)”로 사용된다. 대기 중에서 DPM의 노출량은 약  $0.2 \sim 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이고, 미국의 평균은  $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이다. 작업장에서의 노출량은 높겠지만 서로 다른 직업환경에 따라 상당히 다르다. 예를 들어, 트럭 운전사의 경우  $4 \sim 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 지하에서 일하는 광부(underground miner)의 경우는  $100 \sim 1700 \mu\text{g}/\text{m}^3$  의 DPM 농도에 노출되어 있다. (Watts, 1995)

### 3. Effects on Health and Environment

독성의 공기 오염물질에 노출됨이 인간의 건강에 미치는 영향(human health effect)은 급성(acute)과 만성(chronic)으로 나눌 수 있다. 높은 농도의 오염물질에 노출됨으로 인한 급성효과(acute effect)는 직업적인 환경에서 일어날 가능성이 높다. 한편, 낮은 농도의 오염물질에 장기간 노출되는 것과 관

런된 만성효과(chronic)는 일반적으로 도시의 대기오염에서 나타난다.

고농도의 독가스에 노출되는 것과 관련이 있는 급성건강효과(acute health effect)에 대한 연구는 충분히 많이 되어 있고 따라서 잘 알려져 있다. 하지만 급성으로 가스에 피독되는 현상은 디젤의 배기가스에서는 좀처럼 일어나지 않는다. 이 현상은 단지 디젤엔진이 충분한 환기가 되지 않는 막힌 공간에서 운전될 경우에만 일어날 가능성이 있다. 따라서, 디젤 배기가스의 독가스 효과는 비슷한 조건에서 작동되는 가솔린 또는 천연가스 사용 엔진과 같은 스파크 점화 엔진에서의 그것보다 훨씬 낮다. 디젤 배출물질의 이러한 저독성(low toxicity)은 본질적으로 디젤 배기가스의 CO 레벨이 낮음에 기인한다. 낮은 CO 배출과 연료의 안전한 조작용 디젤엔진의 장점으로서 이로 인해 막힌 공간에서 사용되는 동력장치에는 주로 디젤엔진이 사용된다.

디젤엔진의 오염물질 배출은 북미와 유럽의 대도시에서 대기오염에 의한 건강효과(health effect)라는 관점에서 점점 많은 주목을 받고 있다. 대기 중의 입자상물질을 포함한 많은 대기 오염물질은 질병률의 증가, 병원 출입의 증가, 또는 심장 및 호흡기 질병의 증가 등을 포함한 여러 종류의 급성 및 만성적 건강효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.

디젤 입자상물질은 결국 폐암이 발병할 위험을 증가시키는 발암성 물질로 주목받고 있다. 비록 DPM에의 노출이 암을 일으킬 상대적인 위험을 조금 증가시킨다는 데에는 공감대가 형성되어 있지만, 절대적인 위험 수치에 대한 합의는 아직 이루어지지 않고 있다. 이에 대한 동물시험에서는 나타난 결과는 동물의 종류가 다르면 디젤 입자상물질에 대한 반응이 각기 다르다는 것이다. 또한, 이러한 동물시험을 인간에게도 확대 적용할 수 있을지, 또는 조금밖에 존재하지 않는 인간에 대한 데이터로 암 위험 인자를 평가하는 것이 적당한지 등에 관한 어떠한 합의도 존재하지 않는다. (HEI, 1999) 따라서 이 분야에 대한 보다 많은 연구가 절실히 요구된다.

대기 오염물질이 인간의 건강에 부정적 영향을 미치는 것처럼, 이들은 환경 및 인간의 재산 가치에도 부정적 영향을 미친다. 디젤엔진은 NO<sub>x</sub> 발생원 전체에서 차지하는 상대적인 비중이 높기 때문에 전세계의 모든 대도시 지역을 괴롭히는 광화학 스모그 현상에 중요한 역할을 한다.

한편, 디젤엔진이 환경에 미치는 긍정적 영향으로는 높은 연료효율 및 CO<sub>2</sub> 와 N<sub>2</sub>O 를 포함한 낮은 “온실가스(greenhouse gas)”의 배출을 들 수 있다. 화석연료 연소의 증가로 인한 지구온난화는 심각한 환경문제가 되고 있다. 1992년 기후변화조약(1992 Climate Change Treaty)에 대한 교토의정서(Kyoto Protocol)가 1997년 12월 수많은 나라에 의해 승인되었다. 이 협약에 의하면, 38개국에서 온실가스의 배출은 2008년과 2012년 사이에 1990년 수준으로 저감해야 한다. 평균 저감량은 약 5%에 이른다. (미국:7%, 유럽:8%, 일본:6%) 디젤엔진의 비율을 증가시키는 것은 CO<sub>2</sub> 의 배출을 감소시키는 가장 단순하면서도 효과적인 방법이다.

환경에 미치는 디젤엔진의 또다른 장점은 배기관, 냉시동(cold start), 그리고 증발 배출(evaporative emission)에서 HC의 배출이 작다는 것이다. 탄화수소들(또는 휘발성 유기화합물)은 광화학 스모그 및 지표상의 오존의 또다른 지시자(precursor)이다.

#### 4. Summary

디젤엔진은 스파크 점화엔진과 상대적인 많은 장점과 단점을 동시에 가지고 있다. 아래의 Table 3에 디젤엔진의 “환경 대차대조표(environmental balance sheet)”가 나와 있다.

Table 3 Environmental / Health Impact of Diesel Engine

Benefits	Drawbacks
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good fuel economy / high efficiency</li> <li>• Low "greenhouse gas" emissions, both CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O</li> <li>• Low hydrocarbon (HC) emissions</li> <li>• Low carbon monoxide (CO) emissions</li> <li>• Low cold start and evaporative emissions</li> <li>• Safe handling of fuel (relative to gasoline, NG, LPG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High particulate (PM) mass emissions (relative to SI)</li> <li>• High nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) emissions (relative to 3-way catalyst equipped SI)</li> </ul>

서로 다른 나라에서 디젤엔진을 규제하는 방법은 각국의 규제당국에 의해서 조정되는 것과 같이 이러한 장단점의 상대적인 중요성을 반영하는 것이다. 하지만, 점점 증가하는 디젤 입자상물질의 부정적 건강효과와 전세계적인 대기오염 문제의 관점에서, 디젤엔진은 DPM과 NO<sub>x</sub> 배출을 보다 효과적으로 제어할 수 있는 방법을 도입해야만 한다.

### 참 고 문 헌

1. ARB, 1998, “Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant,” Report by the Staff of the California Air Resources Board and the Office of Environmental Health Hazard Assessment, April 22, 1998.
2. CSU, 1998, “Northern Front Range Air Quality Study,” Report by Colorado State University, Denver, CO.
3. EPA, 1998, “Health Assessment Document for Diesel Emissions,” EPA/600/8-90/057C, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, February 1998, <http://www.epa.gov/ncea/diesel.htm>.
4. EPA, 1998a, “National Air Pollutant Emission Trends Update, 1970-1997,” U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Report EPA-E-98-007, December 1998.
5. EPA, 1998b, “Emission Standards for Locomotives and Locomotive Engines,” Final Rule, 63 FR 18978, April 16, 1998, <http://www.epa.gov/oms/regs/nonroad/locomotv/frm/loco1.pdf>.
6. EPA, 1999a, “National Air Toxics Program: The Integrated Urban Strategy,” Notice, 64 FR 38706, July 19, 1999, <http://www.epa.gov/ttn/uatw/urban/fr19jy99.pdf>.
7. HEI, 1995, “Diesel Exhaust: A Critical Analysis of Emissions, Exposure, and Health Effects,” Health Effects Institute, Cambridge, MA, April 1995.
8. HEI, 1999, “Diesel Emissions and Lung Cancer: Epidemiology and Quantitative Risk Assessment,” Health

Effects Institute, Cambridge, MA, June 1999, <http://www.healtheffects.org/Pubs/DieselEpi-C.pdf>.

9. Lenz, H. P., and Cozzarini, C., 1999, "Emissions and Air Quality," Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA.
10. WHO, 1996, "Diesel Fuel and Exhaust Emissions: Environmental Health Criteria 171," World Health Organization, Geneva.
11. Watts, W. F., 1995, "Assessment of Occupational Exposure to Diesel Emissions," In: Diesel Exhaust: A Critical Analysis...? Health Effects Institute, 1995, (pp. 107-123).