

4B3)

대기배출원별 벤젠 배출량 분포

Distribution of Benzene Emissions by Air Emission Sources

차준석 · 이주형 · 홍지형 · 정동일 · 김지영

국립환경과학원 환경총량관리연구부 대기총량과

1. 서 론

대기 중에 존재하는 벤젠은 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)의 일종으로 암 및 백혈병을 유발시키고, 성장장애 독성과 인체계통 독성도 지니고 있는 맹독성 물질이다 국제암 연구기관(International Agency of Research on Cancer: IARC)과 세계보건기구(WHO) 등은 벤젠이 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03 ppb)의 농도로 평생 노출될 경우 100만 명중 6명꼴로 발암을 일으키는 발암성 물질로 규정하고 있다. 이러한 위해성으로 인해 일본, 영국, EU에서는 벤젠에 대한 대기환경기준을 각각 년 평균농도 기준으로 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.94ppb), $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.5ppb), $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.5ppb)으로 설정하여 관리하고 있다. 국내에서도 벤젠의 대기환경기준을 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.5ppb)로 이미 설정하였고 2010년부터 이 기준을 적용할 예정으로 있다. 대기환경기준의 적용을 통한 대기 중 농도 규제를 위해서는 배출원의 관리가 매우 중요하며 벤젠의 대기 중 배출을 효과적으로 관리하기 위해서는 벤젠의 inventory 작성과 국가 고유 배출계수의 도출에 관한 연구가 필요하다. 이러한 배경으로 본 연구에서는 주요 배출원별 벤젠의 배출량 분포 현황을 파악하고 기측된 국내의 자료들을 활용하여 배출원별 벤젠 배출량을 산정하였다.

2. 조사 및 산정방법

벤젠의 대기로의 배출은 점 오염원을 통한 배출과 비점 오염원을 통한 배출 및 자동차에 의한 배출(도로 이동오염원, 비도로 이동오염원)로 구분하여 조사하였다. 다만, 현재 기측된 자료의 부족으로 인해 점 오염원과 비점 오염원은 통합하여 제시하였다. 점/비점 오염원을 통한 배출량은 국립환경과학원의 2004년 대기보전정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS)과 환경부의 화학물질 배출량 조사(Toxic Release Inventory, TRI) 자료 등을 활용하였으며 이동오염원을 통한 배출량은 교통환경연구소에서 기 개발된 배출계수를 활용하여 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 국내 총 벤젠 배출량

국내 벤젠 배출량 산정 결과는 표 1에 제시된 바와 같이 연료 연소 산업 203톤/년, 생산 공정 6,032톤/년, 폐기물 소각시설 696톤/년, 에너지 수송 및 저장 시설 423톤/년, 인쇄 시설(유기용제 사용) 12톤/년 및 이동오염원 3,309톤/년(도로 1,815톤/년, 비도로 1,494톤/년)으로 나타나 총 벤젠 배출량은 10,675톤/년 인 것으로 조사되었다. 배출원 중 생산 공정이 차지하는 배출기여도가 56.5%로 가장 높은 것으로 나타났으며, 또한 승용차, 승합차 및 화물차 등의 도로 이동오염원에서 17.0%, 철도 차량, 항공기 및 선박 등의 비도로 이동오염원에서 14.0%를 나타내어 이동오염원에 의한 벤젠 배출량도 전체의 31.0%를 차지하여 생산 공정 부문 다음으로 높은 벤젠 배출기여도를 보여주었다. 반면에 연료 연소시설 및 폐기물 소각시설의 경우 배출기여도가 각각 1.9%, 6.5%를 나타내어 그다지 높지 않은 것으로 나타났으며, 화석연료 특히 휘발유를 취급하는 저유소나 주유소 등에서도 전체의 4.0%를 차지하여 그다지 높지 않은 것으로 나타났다. 그 외 유기용제를 사용하는 산업시설 중 인쇄시설을 대상으로 조사 한 결과 벤젠 배출기여도는 0.1%로 다른 오염원에 비해 상대적으로 매우 미약한 것으로 조사되었다.

Table 1. Benzene emissions and distribution by emission sources.

Sources		Classification	Emissions (tons/yr)
Point/ non-point	Fuel combustion facilities	Combustion in energy industry, non-industrial combustion plant, combustion in manufacturing industry	203
	Production process	Petroleum/iron & steel/inorganic/organic industry and other	6,032
	Waste treatment	Municipal/industrial waste combustor	696
	Transport and storage of energy	Extraction of liquid fossil fuel, liquid fuel distribution, service station	423
	Solvent use	Printing industry only	12
Mobiles	On-road	Passenger car, taxi, light-duty, heavy-duty, bus	1,815
	Non-road	Locomotive, ship, airplane, agricultural/construction machinery	1,494
Total			10,675

자동차에 의한 벤젠 배출량을 살펴보면, 승용차 71.2%, 택시 17.9%, 승합차 6.3%, 화물차 4.2% 및 CNG 시내버스 0.2%의 벤젠 배출기여도를 나타내어 택시를 포함한 승용차에서 대부분의 벤젠이 배출되는 것으로 나타났다. 또한 연료별로는 휘발유 58.8%, LPG 38.3%, 경유 2.7%, CNG 0.2% 순으로 벤젠이 배출되는 것으로 나타났다.

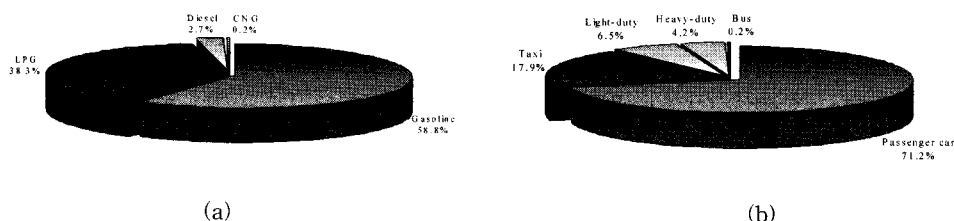


Fig. 1. Distribution of benzene emissions by automobiles(a) and fuels(b).

3.2 수도권/전국 벤젠 배출량 비교

전국의 벤젠 배출량 중 수도권의 배출기여도를 표 2에 나타내었다. 생산 공정 부문을 제외한 모든 배출원에서 30% 이상의 벤젠이 수도권에서 배출되는 것으로 나타났으며, 특히, 자동차에 의한 벤젠 배출기여도가 46.4%로 가장 높게 나타났다. 이는 타 지역에 비해 수도권이 인구밀도, 차량 보급 및 등록률이 매우 높기 때문인 것으로 판단된다.

Table 2. Comparison of benzene emissions between metropolitan area and whole country.

Sources	Metropolitan (tons/year)			Total (ton/year)	Metropolitan/ total (%)	
	Seoul	Incheon	Gyeonggi			
Point/ non-point	Fuel combustion facilities	33.14	8.96	23.19	203.28	32.12
	Production process	-	318.05	3.98	6,023.15	5.35
	Waste treatment	33.82	49.34	140.06	695.61	32.09
	Transport and storage of energy	0.33	31.35	103.62	423.11	31.98
Mobiles	On-road	383.32	91.12	368.56	1,815.21	46.44
	Non-road	138.51	88.92	311.07	1,494.42	36.02

참 고 문 헌

국립환경과학원 (2004) 대기보전정책수립지원시스템(CAPSS) 4차년도 사업 최종보고서, 삼성 SDS.