SDI 정책리포트

대기환경 개선을 위한 휘발성유기화합물 관리방안

2012. 8. 20 제122호

최유진 / 서울연구원 연구위원

〈 목 차 〉

요약
Ⅰ. 휘발성유기화합물 관리의 필요성
Ⅱ. 서울의 휘발성유기화합물의 주요 배출원
Ⅲ. 서울의 휘발성유기화합물 관리 방향

요 약

서울의 대기질은 2차 오염물질의 관리가 관건

서울의 대기질은 오존(O_3), 이산화질소(NO_2), 미세먼지(PM) 등 2차 오염물질의 관리가 중요하다. 이산화황(SO_2), 일산화탄소(CO), 납(Pb) 등 1차 오염물질은 비교적 관리가 용이한 반면, 2차 오염물질은 생성과 소멸과정이 복잡하여 원인물질의 배출량 저감이 곧 대기 중의 농도 감소로 이어진다는 보장이 없다. 특히, 기후변화로 인한 기온상승은 대기 중 광화학반응을 촉진시켜 오존과 미세먼지 농도를 증가시킬 수 있으므로 서울이 당면하고 있는 대기질 문제는 2차 오염물질의 관리가 관건이다.

휘발성유기화합물은 2차 오염물질의 원인물질로써 정확한 진단과 관리 필요

휘발성유기화합물(VOC)은 환경기준으로 관리되는 대기오염물질은 아니지만 서울의 고질적 대기오염문제인 미세먼지와 오존생성의 원인물질로 작용한다. 또한, 일부 VOC 물질은 자체의 독성 및 발암성으로 특정대기오염물질로 분류되기도 하며, 악취의 원인물질이기도 하다. 2009년 서울시자료에 의하면 VOC 배출량은 유기용제 사용이 69%, 도로이동오염원 23%, 에너지수송 및 저장이 5%를 차지하는 것으로 나타난다. 따라서 서울시는 유기용제에 치중하는 VOC관리정책을 추진해 왔다. 그러나, 기존의 VOC 배출량자료는 불확실성 문제가 꾸준히 제기되어온 바, VOC 관리정책은 주요 배출원의 정확한 진단을 통한 관리가 요구된다.

주요 VOC 배출원인 이동오염원에 대한 집중관리 필요

서울의 VOC 성분은 톨루엔의 농도가 가장 높게 나타난다. 이러한 VOC 성분의 배출원을 분석한 결과, 서울에서는 이동오염원이 가장 주요한 배출원으로 파악되었다. 자동차 운행 관련 VOC 배출원의 기여율이 44~48%, 유기용제가 31~37% 정도 차지하였다. 이동오염원은 VOC 뿐 아니라 서울의 주요 대기문제인 미세먼지(PM2.5), NOx 배출의 주요 원인이므로 서울의 대기질 통합관리 차원에서 집중적 관리가 필요하다. 이를 위해 교통수요관리 정책을 적극 추진하여 차량운행의 저감을 유도하고 자동차의 저공해사업을 확대 추진하여 대기오염배출 원인을 관리한다. 두 번째로 여전히 상당한 VOC 배출비중을 보이는 유기용제에 대해서는 VOC 함유기준 강화와 기준적용품목 확대 등을 통하여 VOC 관리기준을 강화하도록 한다. 단기적으로는 저VOC제품 사용의 활성화를 위한 환경표지인증제도의 적극적인 홍보와 함께 소규모, 영세 VOC 배출시설에 대한 적절한 지원제도를 추진한다.

Ⅰ. 휘발성유기화합물 관리의 필요성

서울의 대기질은 2차 대기오염물질 관리가 관건

□ 환경기준을 설정하여 관리하는 대기오염물질은 7가지

- 우리나라의 대기환경보전법은 총 61종의 물질을 대기오염물질로 규정하며, 이 중 7가지 오염물질은 환경기준을 설정하여 관리

<표 1> 대기환경기준

항목	평균시간	한국기준 (서울시 기준)	EU 권고기준	WHO 권고기준
이산화황(SO2) (ppm)	연평균	0.02(0.01)	–	–
	24시간평균	0.05	0.047	0.008
	1시간평균	0.15	0.13	–
일산화탄소(CO) (ppm)	8시간평균	9	8.6	8.6
	1시간평균	25	–	25.7
이산화질소(NO2) (ppm)	연평균	0.03	0.021	0.021
	24시간평균	0.06	–	–
	1시간평균	0.1	0.105	0.105
미세먼지 (㎍/m3)	연평균	50	40	20
	24시간평균	100	50	50
오존(O3) (ppm)	8시간평균	0.06	0.06	0.05
	1시간평균	0.1	–	–
납(Pb) (㎍/m3)	연평균	0.5	0.5	0.5
벤젠 (Benzene) (㎍/m3)	연평균	5	–	–

□ 2차 오염물질인 오존, 이산화질소, 미세먼지는 대기 중에서 배출된 오염물질의 물리·화학적 반응으로 생성

- 이산화황, 일산화탄소, 납, 벤젠의 오염도는 오염원에서 직접 배출되므로 상대적으로 관리가 용이하여 환경기준 이하로 유지

- 2차 오염물질은 대기 중에 배출된 오염물질의 물리·화학적 반응으로 생성되므로 관리가 까다로워 장·단기 환경기준 초과 사례 발생

  · 오존, 이산화질소, 미세먼지는 미국, 유럽의 대도시 지역에서도 문제가 되고 있는 주요관리 대기오염물질

<표 2> 서울의 연도별 단기환경기준 초과 측정소 현황

	NO2		O3		PM10
	1시간 기준	24시간 기준	1시간 기준	8시간 기준	24시간 기준
2007년	24/27	26/27	24/27	27/27	27/27
2008년	24/27	27/27	19/27	27/27	27/27
2009년	20/25	24/25	20/25	25/25	25/25
2010년	10/25	20/25	22/25	25/25	25/25

주석 : 초과측정소수/총측정소수

2차 대기오염물질은 휘발성유기화합물 관리가 중요

□ 휘발성유기화합물(VOC)은 2차 대기오염물질의 주요 원인물질

- VOC는 서울 대기오염의 주요 문제인 미세먼지와 오존생성의 원인물질

  · 오존은 대기 중에서 질소산화물(NOx)과 광화학반응을 통하여 생성

  · 유기탄소(OC)와 같은 미세먼지가 광화학반응으로 생성

휘발성유기화합물(VOC)이란?

- 끓는 점이 낮아서 대기 중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상 유기화합물을 총칭하며, 산업체에서 사용하는 용매에서부터 생활주변에서 흔히 사용하는 세정제, 방향제까지 탄화수소류가 거의 해당
- 대기환경보전법에서는 휘발성유기화합물 배출시설에서 배출되는 37종의 규제물질과 그 외에서 배출되는 1기압 250℃ 이하에서 최소 비등점을 가지는 유기화합물로 정의

- 또한, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠 등 일부 VOC는 독성 및 발암성 등으로 특

정유해대기오염물질로도 분류되어 관리

- 톨루엔, 자일렌, 스타이렌 등의 VOC는 악취방지법에 따라 지정악취물질로 분류

VOC 관리는 주요 배출원의 정확한 진단이 우선

□ 꾸준히 제기되어온 VOC 배출량자료의 불확실성

- 기존의 서울시 배출량자료(CAPSS)에 의하면 유기용제 사용부문이 가장 높은 비중을 차지
  - · 2009년 서울시 배출량자료를 보면 VOC 배출량 중 69%는 유기용제 사용으로 나타나고, 도로이동오염원 23%, 에너지수송 및 저장이 5% 차지
  - · 유기용제 사용부문에서는 가정 및 상업용 유기용제 사용이 50%, 건축 및 건물 16%, 인쇄업 12%, 세탁시설이 9% 차지

유기용제 사용 부문별 예시

- 가정 및 상업용 유기용제 : 세정제, 방향제, 살충제, 헤어스프레이 등
- 건축 및 건물 유기용제 : 페인트, 접착제, 코팅재, 신나 등
- 인쇄업 유기용제 : 인쇄잉크, 접착제 등
- 세탁시설 유기용제 : 드라이클리닝 세탁용제

- 그러나 VOC 배출량자료의 불확실성에 대한 문제가 여러 차례 제기
  - · 국내 대기오염물질 배출량자료는 국내실정에 맞는 배출계수, 활동도자료 등 배출량 산정방식의 보완으로 매년 개선
  - · 그러나 VOC는 성분 및 배출원이 다양하여 다른 대기오염물질 배출량자료에 비하여 불확실성이 큰 것으로 조사

□ 서울 대기질의 효과적 관리를 위해서는 VOC 배출원에 대한 정확한 진단 필요

- 불확실성이 큰 기존의 배출량자료에 근거한 배출관리는 비효율적인 결과를 초래할 가능성 우려

- 효과적인 VOC 배출관리를 위해서는 현실을 반영하는 측정자료를 이용한 주요 배출원의 확인이 우선

  · 신뢰성 높은 자료로부터 주요 배출원을 재확인하여 관리정책을 입안하고 우선 순위를 설정

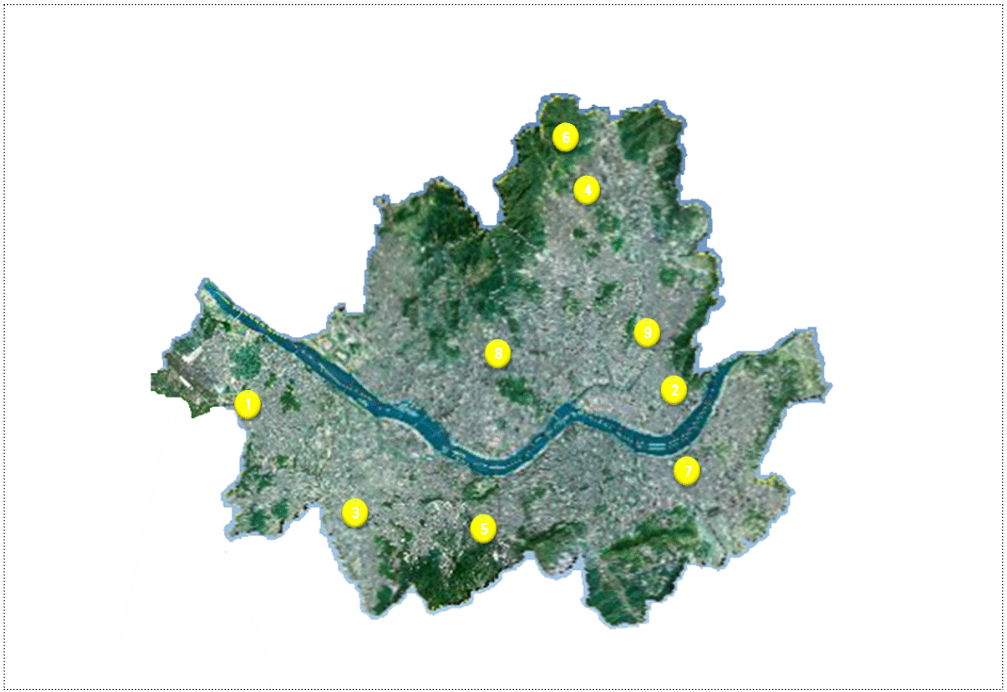
Ⅱ. 서울의 휘발성유기화합물의 주요 배출원

서울의 VOC 성분은 톨루엔이 가장 높아

□ 서울은 9개의 광화학측정소에서 56종의 VOC를 연속 모니터링

- 오존생성 및 인체에 유해한 VOC 기초자료수집을 목적으로 9개소의 광화학측정소를 운영

  · 벤젠, 톨루엔 등 총 56종의 VOC 농도를 자동 가스크로마토그래피를 이용하여 시간별로 측정



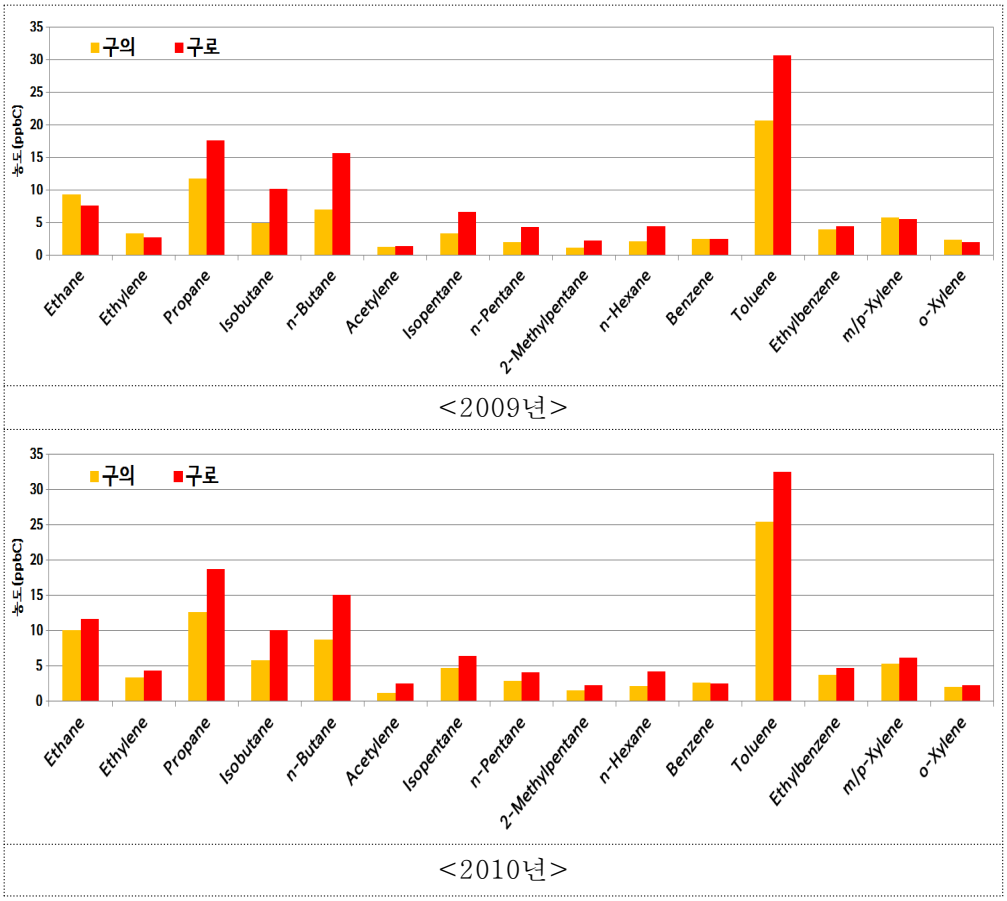
[그림 1] 서울시 광화학오염물질 측정소

□ 서울의 VOC 성분은 톨루엔 농도가 가장 높아

- 9개 광화학측정소 중 구의, 구로의 VOC 측정자료가 상대적으로 안정적인 것으로 조사되어 집중분석

- 구의, 구로 측정소의 2009년~2010년 측정자료 분석결과, 56종의 VOC 중 15개 화학종이 VOC 총합의 71~80%를 차지

  · 유기용제, 연료 연소 및 휘발유에서 배출되는 톨루엔의 농도가 가장 높았고, 그 다음은 프로판, 에탄, 부탄류, 펜탄류가 차지



<2009년>

<2010년>

[그림 2] 두 측정소의 주요 VOC성분 농도 특성

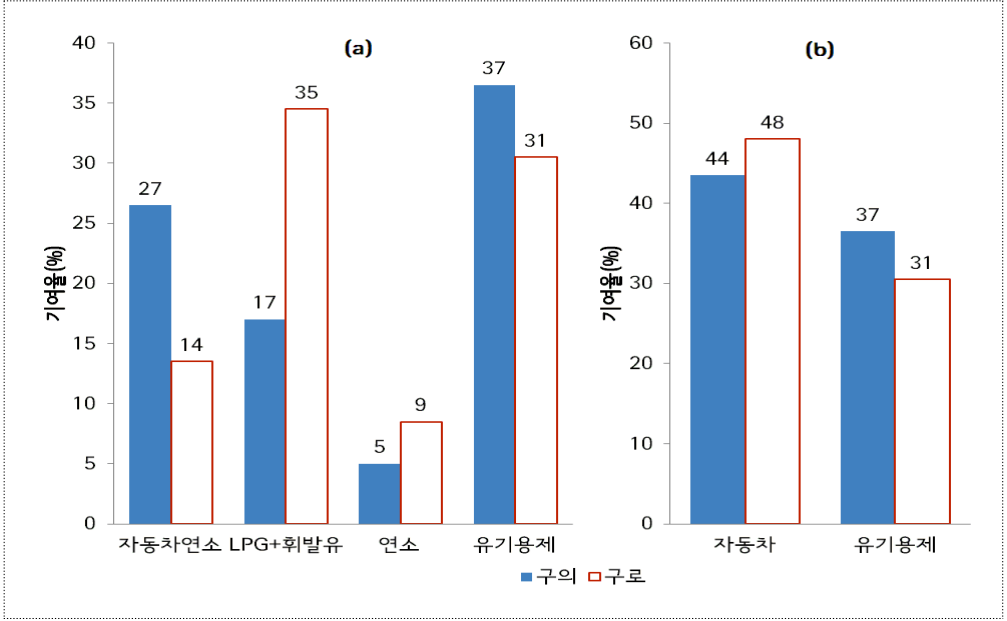
VOC 성분은 이동오염원이 가장 주요한 배출원

□ 자동차 운행 관련 배출원 기여율이 44~48%, 유기용제는 31~37%

- 구의, 구로측정소의 VOC성분자료를 분석한 결과, 자동차가 VOC의 가장

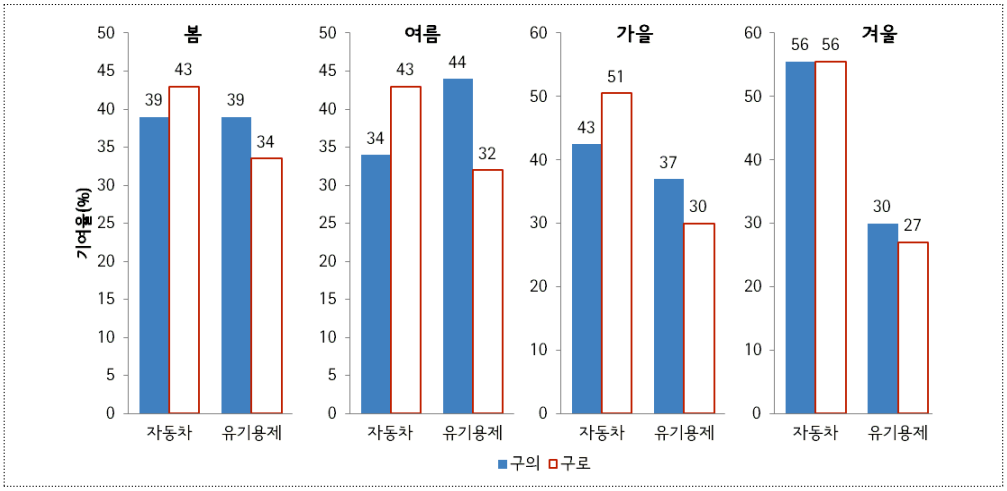
주요한 배출원으로 파악

- 구로지점은 산업단지에 위치하고 유동인구가 많아 사계절 유기용제보다 자동차배출원의 영향이 크며, 구의지점은 주거지역에 위치하여 계절별로 상이
  - 겨울에는 두 지점이 유사하며, 자동차 배출원의 기여율이 유기용제의 약 2배
  - 봄, 가을의 경우 구로는 자동차배출원의 기여도가 유기용제보다 10~20% 정도 크나 구의는 차이가 미미
  - 여름에는 구의의 경우 유기용제의 기여율이 자동차보다 10% 높았으나 구로는 여전히 자동차의 기여율이 유기용제보다 10% 높은 곳으로 분석



주 : b)의 자동차는 자동차연소와 'LPG+휘발유' 배출원을 통칭

[그림 3] 지점별 주요 VOC 배출원의 평균기여율(2009~2010년 평균)



주 : 자동차는 자동차연소와 'LPG+휘발유' 배출원을 통칭

[그림 4] 지점별, 계절별 주요 VOC 배출원의 평균기여율(2009~2010년 평균)

□ VOC 감축을 위해 이동오염원에 대한 적극적인 관리 필요

- 관련 연구에서도 서울의 대기에서 관측되는 VOC 농도는 유기용제보다 이동오염원의 영향이 크다는 공통적인 분석결과를 제시

- 향후 VOC 관리방향은 유기용제뿐 아니라 이동오염원의 배출관리에도 적극적 대처 필요

Ⅲ. 서울의 휘발성유기화합물 관리 방향

주요 VOC 배출원의 효과적 관리를 통한 서울의 대기질 개선

□ 서울 VOC의 주요 배출원인 이동오염원의 집중관리 필요

- 기후변화로 VOC 배출관리의 중요성은 더욱 증가
  - · 기후변화로 인한 기온상승은 VOC 배출을 증가시키고 광화학반응을 촉진하여 오존, 미세먼지 농도의 상승을 야기

- 서울의 고질적 대기문제인 오존, 미세먼지의 개선을 위해서는 이동오염원에 대한 집중 관리가 필요
  - · 자동차 등 이동오염원이 서울 VOC의 가장 주요한 배출원으로 분석되는 바, 유기용제와 더불어 자동차 VOC 배출 관리의 중요성이 증가
  - · VOC뿐 아니라 미세먼지, 질소산화물 배출의 주요 요인인 이동오염원은 서울 대기문제의 통합적 관리 차원에서도 집중적인 관리가 필요

□ 주요 추진전략

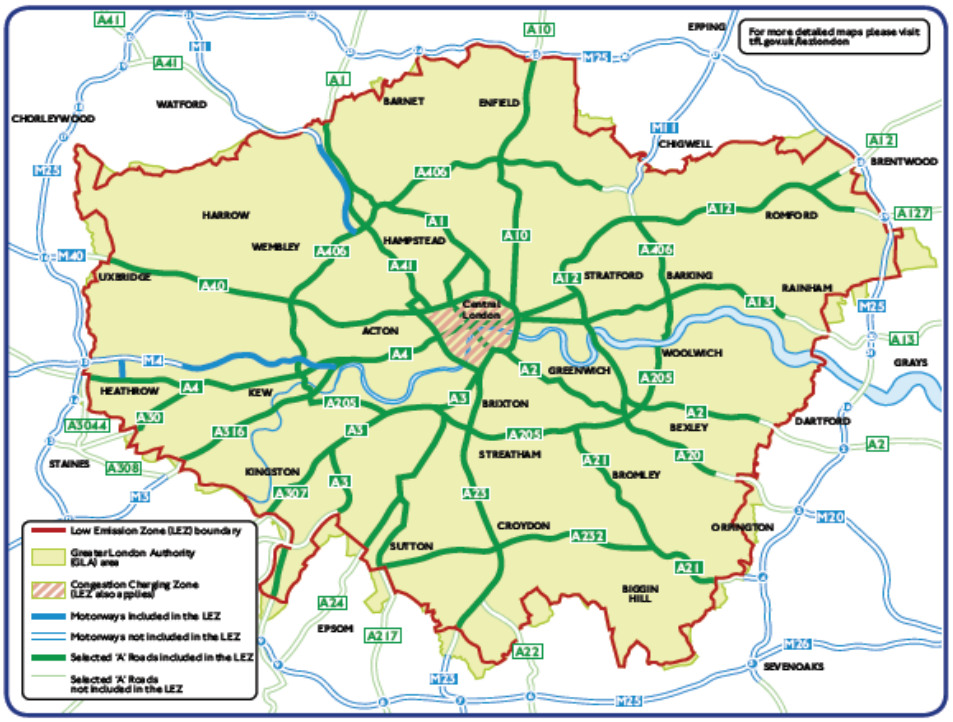
주요 과제	추진 전략
이동오염원에 대한 집중관리	– 적극적인 교통수요 관리 정책 추진 – 저공해차 보급 및 노후차량의 저공해화 확대 – 배출가스관리의 사각지대에 있는 이륜차 배출 관리
유기용제 제품의 VOC 관리기준 강화	– VOC 함유기준의 단계적 강화 및 기준적용품목 확대 – 저VOC제품 사용 활성화 추진 – 소규모 VOC 배출시설의 관리 강화

이동오염원에 대한 집중관리

□ 적극적인 교통수요 관리 정책의 추진으로 차량운행 저감을 유도

- 대중교통 우선정책과 함께 적극적 교통수요관리 정책을 추진

· 런던은 Low Emission Zone, 혼잡통행료 징수 등 강력한 정책추진으로 교통수요 억제 및 대기오염 배출 저감을 유도



[그림 5] 런던 Low Emission Zone

런던의 Low Emission Zone과 혼잡통행료 징수제도

- 혼잡통행료 제도 : 2003년 2월부터 교통량 감소와 교통정체 완화 목적으로 런던 중심지역에 한정하여, 주중 7시~18시 사이에 진입하는 차량에 10파운드(17천원)의 일일요금 징수
- LEZ제도 : 런던권역 내 지정된 특정지역으로 오염물질 다량 배출 경유차량의 운행제한을 위한 제도로 2008년 2월부터 단계적으로 확대시행, 혼잡통행료 지역이 LEZ 범위안에 포함되며, 365일 적용, 배출허용초과 차량은 250~500파운드(44만원~88만원)의 일일요금 지불

- 자동차 공동이용(Car Sharing) 제도의 활성화

  · 스위스, 프랑스, 독일 등 유럽에서 시작된 카셰어링 제도는 전 세계적으로 확산되어 성장 중

  · 상업적 카셰어링이 확산되고 있으며 IT기술 및 전기차 등 그린차와 연계하여 편리성 및 친환경성을 증대

출처 : Kotra & global window

[그림 6] 미국의 Zipcar와 유럽의 Car2go 카셰어링 프로그램

□ 저공해차 보급 및 노후차량의 저공해화 확대를 추진

- 전 차량의 저공해화를 장기목표로 설정하여 지속적인 사업추진

  · EU는 2030년까지 가솔린, 디젤 등 내연기관차의 절반을 도시통행에서 퇴출, 2050년까지 전기차, 하이브리드카 등 저탄소차만 도시통행 허용 방침을 발표

· 프랑스는 2020년까지 200만대의 청정차를 보급하고 7만 5000개의 재충전시설 설치계획을 수립

· 최근 자동차산업 육성방안으로 그린카 구매 지원 및 충전소 확충 계획을 발표

<표 3> 프랑스 그린카 보급 계획 (자동차산업 육성대책의 일환)

구분	지원예산(백만유로)
– 그린카 신차 구매지원폭 확대 * 전기차 구매지원폭 확대, 5000유로→7000유로 * 하이브리드카 구매지원폭 확대: 2000유로→4000유로 * 저탄소차 구매 시 할인 폭 확대: (배출량 91g~105g) 100유로→200유로, (배출량 61g~90g) 400유로→550유로 등	150 (2013년 490)
– 전기차 재충전 시설 확충	50
– 정부 전기차 또는 하이브리드카 25%(1500대) 구매	5

출처 : Kotra & global window

- 노후경유차뿐 아니라 노후휘발유차까지 저공해화 지원사업으로 확대 추진

· 미세먼지 저감목적으로 진행되고 있는 노후경유차의 저공해화사업을 노후휘발유차로 확대하여 VOC 배출 저감을 유도

□ 배출가스 관리의 사각지대에 있는 이륜차의 배출을 관리

- 이륜차는 일산화탄소, VOC 배출이 적지 않음에도 불구하고 배출관리의 사각에 방치

- 운행이륜차에 대한 배출허용기준, 배출가스검사제도 마련 등 종합적인 관리체계 도입 필요

- 전기이륜차 등 친환경 이륜차로의 전환 촉진을 위한 경제적 인센티브 및 관련 인프라 구축 확대를 추진

유기용제 제품의 VOC 관리기준 강화

□ VOC 함유기준을 단계적으로 강화하고 기준적용품목을 확대

- 유기용제 제품의 VOC 함유기준의 지속적 강화와 품목의 확대로 원천적인 배출관리

  · 미국 캘리포니아주는 산업용 유기용제뿐 아니라 가정용 소비용품에 대해서도 VOC 함유기준을 설정하여 VOC 배출원을 근원적으로 관리

  · 우리나라는 건축·자동차보수·도로표지용 도료에 대해서만 VOC 함유기준이 마련되어 있어, 향후 기준적용 품목의 지속적 확대가 필요

□ 저VOC제품의 사용 활성화를 추진

- '환경표지 인증제도'의 적극적 홍보 및 활성화로 저VOC제품의 개발 및 소비를 촉진

[그림 7] 국가공인 친환경표지

□ 소규모, 영세 VOC 배출시설은 규제보다는 지원으로 관리

- 서울시에 산재한 인쇄시설, 세탁소 등 소규모 VOC 배출시설은 방지시설 설치의 의무화 등 규제보다는 지원으로 배출을 관리
  - · 소규모시설에 적용가능한 안전한 배출 방지시설의 설치를 지원
  - · 궁극적으로는 저VOC제품을 사용할 수 있도록 유도하고 지원

최유진 | 서울연구원 연구위원
02-2149-1182
yjchoi@si.re.kr