

# BA7) 국내 승용차의 1회 평균 주행거리에 의한 Cold Start Emission과 Evaporative Emission 추정 Estimation of the Cold Start Emission and Evaporative Emission by Passenger Cars Trip Length

장영기 · 최삼진 · 신문기 · 조규탁<sup>1)</sup>  
 수원대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>서울대학교 환경대학원

## 1. 서 론

급증하는 자동차 수요로 인해 발생하는 배출량 증가는 자동차 운행의 특성상 대도시 대기오염의 주원인으로 작용하고 있다. 자동차 배출오염물질의 배출량 추정에 있어 국내 차량의 배출계수 개발도 시급하지만 우리 나라 자동차 운행패턴에 관한 연구도 같이 병행되어야 한다.

본 연구에서는 Cold start emission과 Evaporative VOC emission의 산정에 있어서 국내 승용차의 1회 주행거리(Trip length)를 이용하여 승용차 부문 배출량 영향정도와 계절별 배출량 변화를 추정하여 보았다.

## 2. 배출량 산정방법

### 2.1 Trip Length 조사

증발에 의한 VOC 배출량(Evaporative emission)과 엔진 미가열 상태에서 배출되는 오염물질의 배출(Cold start emission) 정도를 비교하기 위해서는 차량의 일평균 주행거리와 승용차 1회 평균 주행거리(Trip length)의 산정이 필요하다. Trip length의 자료는 "서울시 교통센서스 및 데이터 베이스구축(1997)"의 가구통행실태조사자료를 사용하였다. 조사범위는 서울시, 인천시(옹진군, 강화군 제외한 전지역), 경기도 전지역(서울시와 통행이 빈번하지 않은 몇몇 지역을 제외)이며, 조사샘플수는 14만가구(약 2%)의 전가구를 대상으로 전 가구가원 하루동안에 행한 개별통행 전부를 취하였으며, 국내·외 승용차의 1회 평균 주행거리(Trip length)를 비교하면 표 1과 같다.

표 76. 국내·외 1회 평균이동거리(Average estimated trip length) 비교

EU 평균(21개국)	미국 평균	국내 평균
12.4 km	12 km	14.3km

### 2.2 Cold Start Emission

Cold start emission은 이동오염원의 배출량에 있어서 Hot emission에 부가적으로 고려되는 사항이다. 이것은 Urban, Rural, Highway에 관계없이 발생하지만, 주로 Urban mode의 비중이 크며, Urban mode의 주된 차종인 Passenger cars와 Light duty vehicles에 대해서 고려된다.

엔진 미가열 상태에서 배출되는 오염물질의 배출 정도를 비교하기 위하여 정상운행시(Hot emission)와 미가열 운행시(Cold emission)의 배출계수를 비교하였다. Cold emission의 산출식은 EU의 방법론을 채택하였다. 기본식은  $E_{cold,ij} = \beta_j \cdot m_j \cdot e^{hot} \cdot (e^{cold}/e^{hot} - 1)$ 으로, 여기서  $(e^{cold}/e^{hot})$ 는 정상운행시에서 추가적으로 배출되는 미가열 운행시의 배출비를 의미하며,  $\beta_j$ (fraction of mileage driven with cold engines or catalyst operated below the light-off temperature)는  $\beta_j = 0.647 - 0.025 \cdot l_{trip} - (0.00974 - 0.000385 \cdot l_{trip}) \cdot t_a$ 로 구할 수 있다.

### 2.3 Evaporative Emission

자동차에 의한 배기구 배출 이외의 VOC는 Diurnal(daily) emission, Hot soak emission, Running

losses의 3가지 형태로 증발 배출된다. 증발에 의한 VOC 배출량을 비교하기 위하여 다음과 같은 조건을 가정하여 배출량을 산정하였다.

- RVP = 82kpa
- 휘발유 차량은 모두 fuel injection 방식
- 승용차의 일주행거리 = 53.3 km/day
- Small carbon canister 부착

### 3. 배출량 산정

국내에서 Trip length에 대하여 조사된 평균치 14.3km를 적용하고,  $t_a$ (Ambient temperature)는 우리나라(수원지역) 월평균기온을 고려하여 휘발유 승용차의  $\beta_j$ 를 계산하여 1월과 8월에 대하여 휘발유승용차의 오염물질별 Cold emission과 Evaporative emission(g/veh-day)에 의한 VOC 배출 비율을 구하면 표 2와 같다.

국내의 Trip length에 대하여 조사된 평균치 14.3km와 우리 나라(수원지역)의 월평균기온을 고려하여 휘발유 승용차의  $\beta_j$ 를 계산하면 1월에는 0.304, 8월에는 0.177이 된다. 즉 엔진 미가열 상태의 주행비율이 1월, 8월 각각 30.4%, 17.7%로 추정된다.

표 2. 휘발유승용차의 월별 Evaporative VOC Emission 과 Cold Emission에 의한 배출비교

월	기온 (°C)			$\beta$	Evaporative VOC Emission (g/veh-day)		$e^{cold} / e^{hot}$		
	평균 최고	평균	평균 최소		uncontrolled vehicle	carbon canister controlled vehicle	CO	NOx	VOC
1	2.0	-3.2	-8.1	0.304	3.336	0.112	9.328	3.679	12.782
8	31.0	26.6	22.9	0.177	67.896	6.556	6.646	3.500	10.994

승용차의 Cold emission [ $E_{cold,i,j} = \beta_j \cdot m_j \cdot e^{hot} \cdot (e^{cold}/e^{hot} - 1)$ ]에서  $m_j$ (차종 j에 대한 총주행거리)와  $e^{hot}$ (정상운행시 배출)은 일정하므로, 추가적으로 배출되는 오염물질의 비율을 산출하면 1월에 대하여 CO의 경우 2.53배, NOx의 경우 0.81배, VOC의 경우 3.58배의 추가적인 오염물질이 배출될 것으로 추정된다. Evaporative VOC Emission은 Carbon Canister 부착 Closed Loop Gasoline Vehicles의 경우 1월, 8월 각각 0.112(g/veh-day), 6.557(g/veh-day)가 더 발생되는 것으로 추정된다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 Cold emission과 Evaporative VOC emission의 산정에 있어서 국내 Trip length를 이용하여 Hot emission에 대비한 배출량 증가정도와 계절별 배출량 변화를 추정하여 보았다. Cold emission과 Evaporative VOC emission은 Trip length와 기온의 함수로 산출된다.

우리 나라와 같이 사계절의 기온변화가 뚜렷하고, 급속한 자동차의 증가로 인한 도시 대기질의 평가시 정상상태운행(Hot emission)에서의 오염물질 배출뿐만 아니라, Trip length를 고려한 Evaporative VOC Emission, Cold Start Emission등의 영향 요인도 배출량 산정에 고려되어야 한다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. 서울시 교통센서스 및 데이터 베이스 구축(1997)
2. Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2nd (EEA, 1999. 9)
3. COPERT II -Methodology and Emission Factors (EEA, 1997. 11)
4. '98 전국 배출량 조사(환경부)
5. '98 지역통계연보(통계청)