

### 3B4) 수도권지역 승용차에 의한 Cold Start와 Evaporative VOC를 고려한 배출량 추정

#### Estimation of the Emission form Passenger Car Considering Cold Start and Evaporative VOC Emission in the Capital Area

장영기 · 최삼진 · 홍영실  
수원대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

급증하는 자동차 수요로 인해 발생하는 배출량 증가는 자동차 운행의 특성상 대도시 대기오염의 주원인으로 작용하고 있다. 자동차 배출오염물질의 배출량 추정 및 관리에 있어 연간 배출량 뿐만 아니라 월별 기온변화에 따른 배출량의 시간분포 또한 고려되어야 한다. 본 연구에서는 Hot emission에 부가되는 Cold start emission과 Evaporative VOC emission의 산정에 있어서 차종/차령에 대해서 월별 배출량을 추정하여보았다.

#### 2. 배출량 산정방법

##### 2.1 관련 자료

2000년 수도권지역(서울, 인천, 경기)의 증발에 의한 VOC 배출량(Evaporative emission)과 엔진 미가열 상태에서 배출되는 오염물질의 배출(Cold start emission) 정도를 비교하기 위해서 기존의 배출량 산정 자료 외에 승용차 1회 평균 주행거리(Trip length), 월별 최저·평균·최고기온, 연료의 RVP값이 요구된다. 승용차부문의 정확한 배출특성을 반영하기 위하여, 승용차부문에 경차와 디젤승용부문(RV포함)을 추가로 고려하였다. RV차량은 승합으로 분류되나, 승용차와 같은 운행패턴을 보이는 것으로 간주하여, 승용부문에 추가하였다. 차령에 대해서는 삼원측매장치 및 기타 방지시설의 설치 유무를 고려하기 위하여 1987년 전·후 차령으로 분류하여 배출계수를 적용하였다. 배출계수는 Conventional Vehicles에 대해서는 EU의 EURO-I 이전인 ECE15-04모드의 배출계수를 적용하였으며, 이후 차령에 대해서는 한국에너지기술연구원 “한국에너지기술연구원의 자동차 오염물질 배출량 산정연구, 2001”의 배출계수를 적용하였다. 도로종류별 교통량자료는 건교부-건설기술연구원 “전국 교통량조사, 2001”의 자료를, 차량등록대수(차령포함)는 자동차공업협회 협조자료를 이용하였다.

##### 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 크기 때문에, 서울, 인천, 및 수도권 시를 Urban mode로 가정하고 해당지역의 Passenger car(휘발유, LPG, 디젤)에 대해서 고려하였다.

엔진 미가열 상태에서 배출되는 오염물질의 배출 정도를 비교하기 위하여 정상운행시(Hot emission)와 미가열 운행시(Cold emission)의 배출량을 비교하였다. Cold emission의 산출식은 EU의 방법론을 채택하였다. 기본식은  $E_{cold,i,j} = \beta_j \cdot m_j \cdot e^{hot} \cdot (e^{cold}/e^{hot} - 1)$ 으로, 여기서  $(e^{cold}/e^{hot})$ 는 정상운행시에서 추가적으로 배출되는 미가열 운행시의 배출비를 의미한다. 1997년 국내에서 조사된 Trip length 평균치 14.3km를 이용하여 2000년 자가용 차량의 일평균 이동횟수(mean number of trips of a vehicle per day - 3.74회/일),  $t_a$ (Ambient temperature)는 경기권(수원지역) 월별 평균기온을 고려하여 승용차의  $\beta_j$ 를 계산하였다. 도시지역 승용차령에 고려된 미가열 운행시의 배출비율( $e^{cold}/e^{hot}$ )은 휘발유차량(경차 및 중소형차)에 대해서 “Euro-I and later gasoline vehicles”와 “pre-EURO I gasoline vehicles”의 배출비를 적용하였고, LPG(택시포함)와 디젤차량(RV포함)을 각각 포함하여, 월별 배출량을 산정하였다.

### 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 휘발유의 RVP는 82kPa를, 1987년 이전차량에 대해서는 uncontrolled, carburettor vehicles, 로 가정하였고, 이후 차량에 대해서는 Small carbon canister 부착, fuel injection 방식으로 가정하여, 월별 기온변화에 따른 Evaporative emission을 산출하였다.

### 3. 배출량 산정

2000년 승용차의 Trip length인 11.44km와 우리 나라(수원지역)의 월평균기온을 고려하여 승용차의  $\beta$ 를 계산하면 1월-0.373, 8월-0.222 이었다. 즉 엔진 미가열 상태의 주행비율이 1월, 8월 각각 37.3%, 22.2%로 추정된다. 수도권지역(서울,인천,경기)의 Evaporative VOC emission과 Cold emission에 의한 월별 배출량을 산정하면 표 1과 같다.

표 1. 경기권역의 Evaporative VOC Emission 과 Cold Emission에 의한 월별 배출량변화 (톤)

월	$\beta$ parameter	Cold start emission			Evap. VOC	Hot + Additional emission		
		CO	NOx	VOC		CO	NOx	VOC
1	0.378	6,734	590	1,073	53	15,623 (43.1)	9,426 (6.3)	2,454 (45.9)
2	0.366	6,213	587	995	61	15,102 (41.1)	9,422 (6.2)	2,383 (44.3)
3	0.337	4,998	572	814	86	13,887 (36.0)	9,408 (6.1)	2,227 (40.4)
4	0.301	3,687	547	617	135	12,576 (29.3)	9,383 (5.8)	2,079 (36.2)
5	0.272	2,493	520	431	199	11,382 (21.9)	9,356 (5.6)	1,958 (32.2)
6	0.247	1,232	492	255	294	10,121 (12.2)	9,328 (5.3)	1,876 (29.3)
7	0.229	453	470	148	406	9,342 ( 4.9)	9,306 (5.1)	1,881 (29.5)
8	0.226	369	467	137	428	9,258 ( 4.0)	9,303 (5.0)	1,892 (29.8)
9	0.253	1,534	500	297	265	10,423 (14.7)	9,336 (5.4)	1,889 (29.7)
10	0.289	3,297	537	558	158	12,186 (27.1)	9,373 (5.7)	2,043 (35.0)
11	0.328	4,668	567	764	94	13,557 (34.4)	9,403 (6.0)	2,185 (39.3)
12	0.382	6,929	592	1,102	61	15,818 (43.8)	9,428 (6.3)	2,490 (46.7)
평균	0.301	3,673	545	615	131	12,562 (29.2)	9,380 (5.8)	1,942 (31.7)
합계		42,606	6,443	7,191	2,240	149,274 (28.5)	112,473 (5.7)	25,358 (37.2)

\* ( ) : 총 배출량 중 Cold Start 와 Evap.에 의한 배출량 비율(%)

\*  $\beta$ -parameter : 경기수원지역 기준.

월별기온 변화에 따른 오염물질별 추가적인 배출량의 비는 CO, NOx, VOC에 대해서 각각 연평균 28.5%, 5.7%, 37.2%를 차지하는 것으로 나타났으며, CO, VOC의 배출량은 기온에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 수도권지역을 대상으로 도심지역의 승용차량에 대해서 Cold emission과 Evaporative VOC emission의 월별 배출량 변화를 추정하여, Hot emission에 대비한 배출량 증가정도를 살펴보았다. Cold emission과 Evaporative VOC emission은 Trip length와 기온의 함수로 산출되며, 우리 나라는 사계절의 기온변화가 뚜렷하며, 급속한 자동차의 증가로 인한 도시 대기질의 평가시 정상상태운행(Hot emission)에서의 오염물질 배출뿐만 아니라, Trip length를 고려한 Evaporative VOC Emission, Cold Start Emission등의 영향도 크다고 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2nd (EEA, 1999. 9)
2. COPERT III-Methodology and Emission Factors (EEA, 2000. 11)