

## VOCs 및 악취측정망

- 대기오염 우심지역에 대한 악취 및 VOCs 상시감시시스템 구축으로 사고 대응체계 확립
- 악취관리지역에 대한 연속적 자료관리
- 오존생성 원인물질의 규명

### 1. 조사개요

- 조사기간 : 2006. 1. ~ 2006. 12.
- 조사대상 : 감전동, 장림동 도시 대기측정소 2개지점

### 2. 조사방법

항 목	측정기기	항 목	측정기기
VOCs 56개 항목	GC/FID	아민, 암모니아	IC
황계열 악취 4항목	GC/PFPD	알데하이드류 5항목	HPLC

### 3. 휘발성유기화합물질(VOCs) 조사결과

#### A. 측정결과

- 감전동
  - Toluene의 농도가 연평균 13.6 ppb로 측정되었으며 오존생성기여율은 18.8%로 가장 높게 나타났다. 측정된 주요 오염물질은 방향족화합물인 m/p-Xylene, Ethylbenzene이 높게 측정되었고 파라핀 계열 화합물인 Propan이 7.4 ppb로 높게 검출되었다.
  - POCP가 높은 Isoprene이 6.0 ppb로 높게 검출되어 11.2%의 기여율을 나타내어 Toluene에 이어 두 번째로 높게 측정되어졌다. n-Hexane의 농도가 4.4 ppb로 높게 측정되었으며 2,3-Dimethylbutane, cis-2-Pentene, 1-Hexene, 1,2,4-Trimethylbenzene등의 물질도 높게 측정되어 국가광화학 측정망의 다른 측정소와는 다른 양상을 나타내었다.

표 1. 감전동 VOCs 주요 검출물질(연평균)

(단위 : ppb)

구 분	평균	최소	최대	분자식	분자량	POCP	오존생성 기여율(%)
Toluene	13.6	7.5	19.3	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	55	18.8
Isoprene	6.0	0.1	22.8	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>	68	100	11.2
m/p-Xylene	2.9	1.1	7.7	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	95	8.0
Ethylbenzene	3.1	1.2	8.2	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	60	5.4
n-Hexane	4.4	0.8	15.7	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	40	4.1
2,3-Dimethylbutane	4.2	0.0	23.8	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	40	4.0
Propane	7.4	0.0	15.2	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	40	3.6
cis-2-Pentene	1.9	0.0	14.5	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70	95	3.5
1-Hexene	3.0	0.0	10.4	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	50	3.4
1,2,4-Trimethylbenzene	0.8	0.1	2.1	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120	120	3.2

## □ 장림동

- Toluene의 농도가 10.1 ppb로 측정되었으며 전체적으로 다른 검출물질의 농도가 낮아서 오존생성기여율이 34.1%로 높게 나타났다. Toluene을 비롯한 m/p-Xylene, Ethylbenzene, o-Xylene등의 방향족화합물들이 높게 측정되어 기여율도 높게 나타났으며, 파라핀계열화합물인 n-Dodecane, Methylcyclopentane이 0.5, 0.9 ppb 검출되어 다른 물질에 비해 높은 농도를 나타내었다.

표 2. 장림동 VOCs 주요 검출물질(연평균)

(단위 : ppb)

구 분	평균	최소	최대	분자식	분자량	POCP	오존생성 기여율(%)
Toluene	10.1	7.1	14.9	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.0	55.0	34.1
m/p-Xylene	1.7	1.0	2.6	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106.0	95.0	11.4
Ethylbenzene	2.3	1.2	3.9	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106.0	60.0	9.7
Propane	4.6	0.1	13.4	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.0	40.0	5.4
o-Xylene	0.9	0.5	1.2	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106.0	65.0	4.1
Isopentane	2.2	0.6	6.3	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72.0	30.0	3.2
1,2,4-Trimethylbenzene	0.3	0.2	0.6	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120.0	120.0	2.9
n-Butane	1.8	0.9	3.3	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56.0	40.0	2.7
n-Dodecane	0.5	0.0	2.3	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170.0	45.0	2.5
Methylcyclopentane	0.9	0.4	1.6	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84.0	50.0	2.5

## □ 국가광화학 측정망

- 국가광화학측정망에서 조사한 결과는 그림 2와 같으며 같은 주요 10개 검출 물질에 대한 우리측정소의 결과는 그림 1과 같다.
- 각 측정값들을 비교할 때 많은 차이점이 있으며 주요 검출물질들의 농도 추이에도 차이가 많은 것을 볼 수 있다.

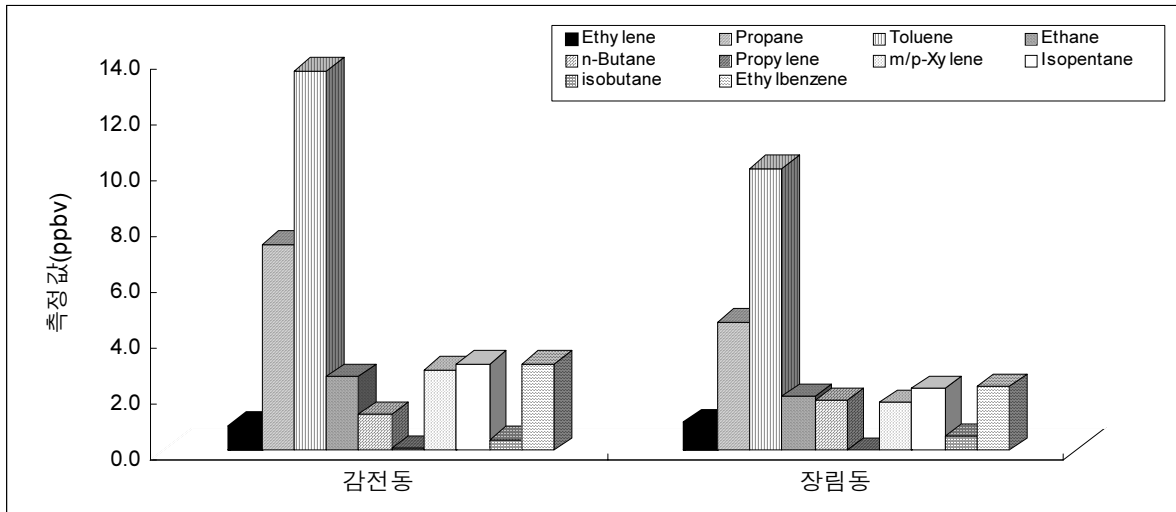


그림 1. 주요 VOCs의 농도분포 그래프.

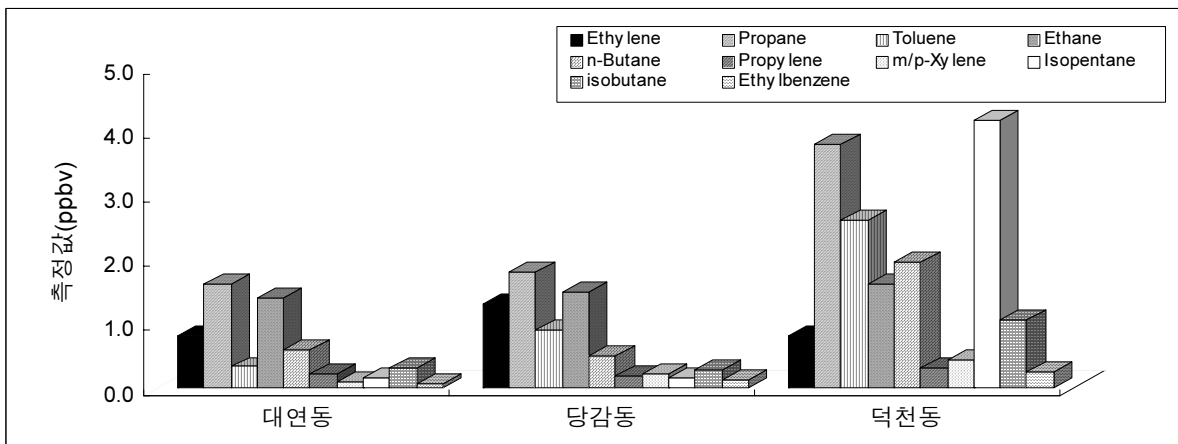
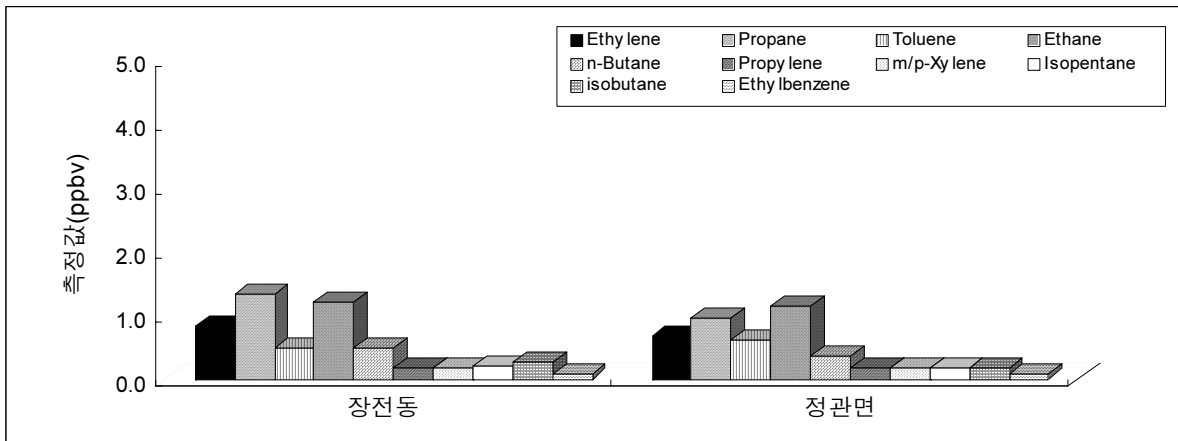


그림 2. 주요 VOCs의 농도분포 그래프(국가 광화학측정소).

## B. 종합평가

### □ POCP에 따른 평가

- 휘발성유기화합물질(VOCs)이 오존의 생성에 기여하는 정도는 VOCs의 농도와 VOCs 자체가 가지고 있는 광화학오존생성잠재력(POCP : Photo-chemical Ozone Creation Potentials)에 의해서 영향을 받는다. 일반적으로 POCP 평가방법에는 에틸렌을 기준물질(POCP = 100)로 하여 대기중 하이드록시라디칼(OH)과의 반응성 정도에 의한 평가방법(UCR : University of California Riverside)이 일반화되어 있다.
- POCP를 고려한 2개 측정소의 평균 휘발성 유기화합물질 농도별 오존생성기여도가 상위 10위 이내에 포함되는 물질은 감전동은 Toluene이 18.8%로 가장 높고, POCP가 높은 Isoprene이 11.2%로 높은 비율을 나타내었으며 방향족화합물인 m,p-Xylene이 8.0%, Ethylbenzene이 4%, n-Hexane이 4.1%, 2,3-Dimethylbutane이 4.0%, Propan이 3.6%, cis-2-Pentene이 3.5%, 1-Hexene이 3.4%, 1,2,4-Trimethylbenzene 3.2%로 나타났다.
- 장림동은 전체적으로 검출물질들의 농도가 낮아 Toluene이 34.1%로 가장 높은 기여율을 나타내었고, m,p-xylene이 11.4%, Ethylbenzene이 9.7%, Propan이 5.4%, o-xylene이 4.1%, Isopentane이 3.2%, POCP가 120으로 가장 높은 1,2,4-Trimethylbenzene이 검출농도는 0.3ppb로 낮았으나 기여율은 2.9%를 나타내었고, n-Butane이 2.7%, n-Dodecane과 Methylcyclopentane이 2.5%를 나타내었다.

### □ 시간대별 변화

- VOCs 등의 1차 대기오염물질의 일변화는 배출량 및 대기혼합고, 풍속, 풍향 등의 변화에 의해 좌우된다. VOCs 일변화를 파악하기 위해서 2개 측정소에서 측정된 측정치를 각 요일별 시간대별로 평균을 구하였다. 그림 3과 4는 POCP 평가에서 기여도가 가장 높은 Toluene의 요일별 일변화를 나타내었다. 두 측정소 모두 오전 출근시간과 오후 퇴근시간에 농도가 상승하였으며 낮 시간대에는 계속 높은 농도를 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. 요일별로는 일요일이 현저하게 낮게 측정 되었으며 시간대별 변화가 나타나지 않았다.
- 감전동과 장림동에서 동일하게 출퇴근 시간에 농도가 상승하는 경향을 요일별로 뚜렷하게 나타내는 것은 본 지역에서 Toluene의 주 배출원이 자동차로 인한 것임을 추정 할 수 있다. 낮 시간대에 농도가 지속적으로 상승해 있는 것은 본 지역에서 Toluene의 주간 사용량 증가와 함께 낮 시간의 온도상승으로 인한 용제 증발량의 증가에 기인하는 것으로 추정 된다.

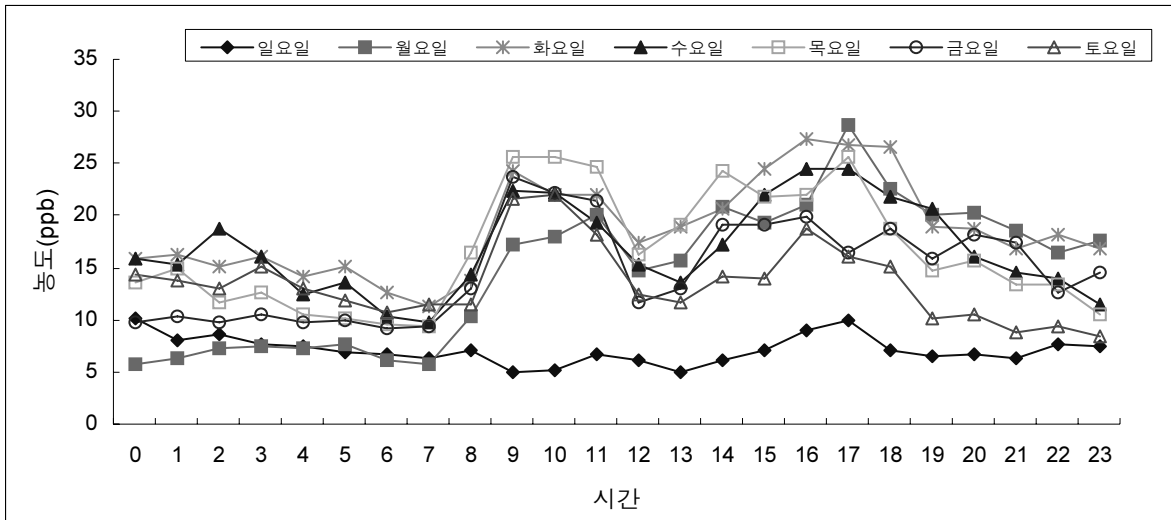


그림 3. 요일별 시간대별 Toluene의 변화(감전동).

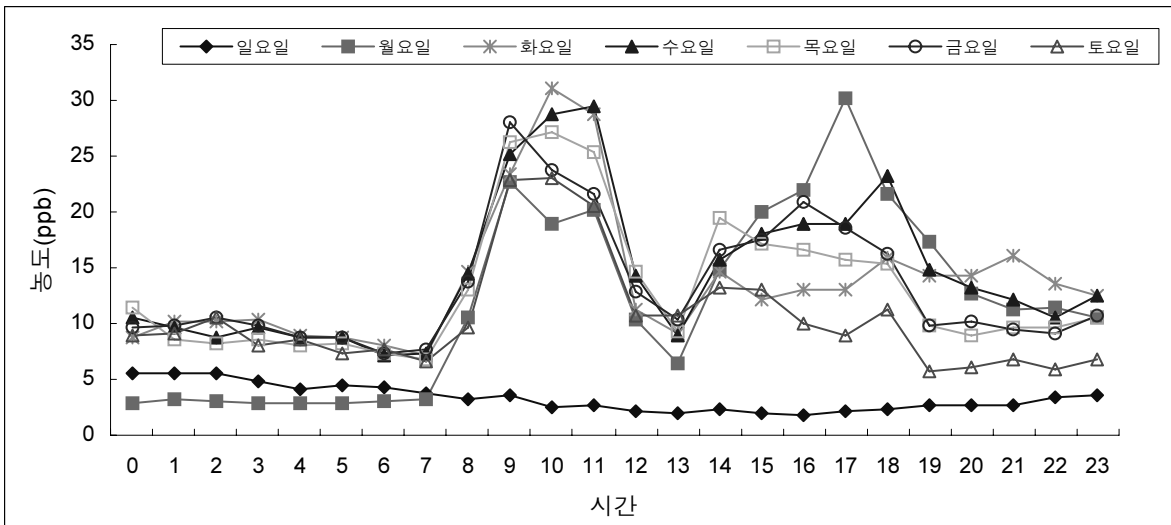


그림 4. 요일별 시간대별 Toluene의 변화(장림동).

○ 그림 5, 6의 Toluene을 비롯한 aromatic 계열 화합물의 시간대별 농도 변화를 보면 Toluene만큼 다른 물질들은 변화를 보이지 않고 있는데 이는 이 물질들의 농도가 그리 높지 않아 농도의 상승과 하강 폭이 낮아서 뚜렷한 변화양상이 나타나지 않는 것으로 여겨진다.

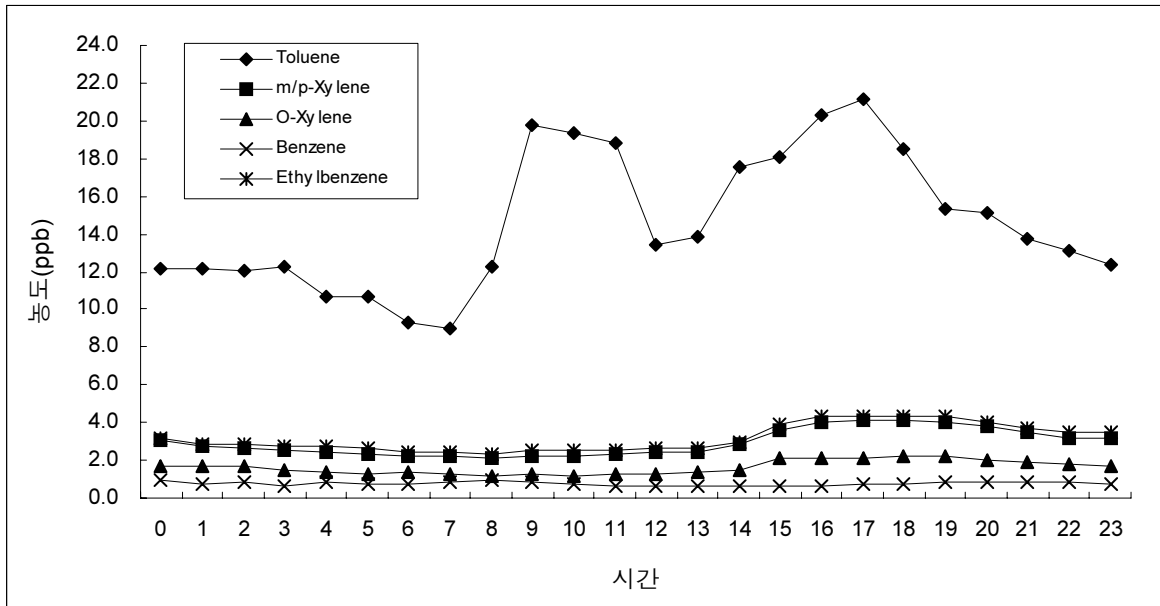


그림 5. 방향족화합물의 시간대별 농도(감전동).

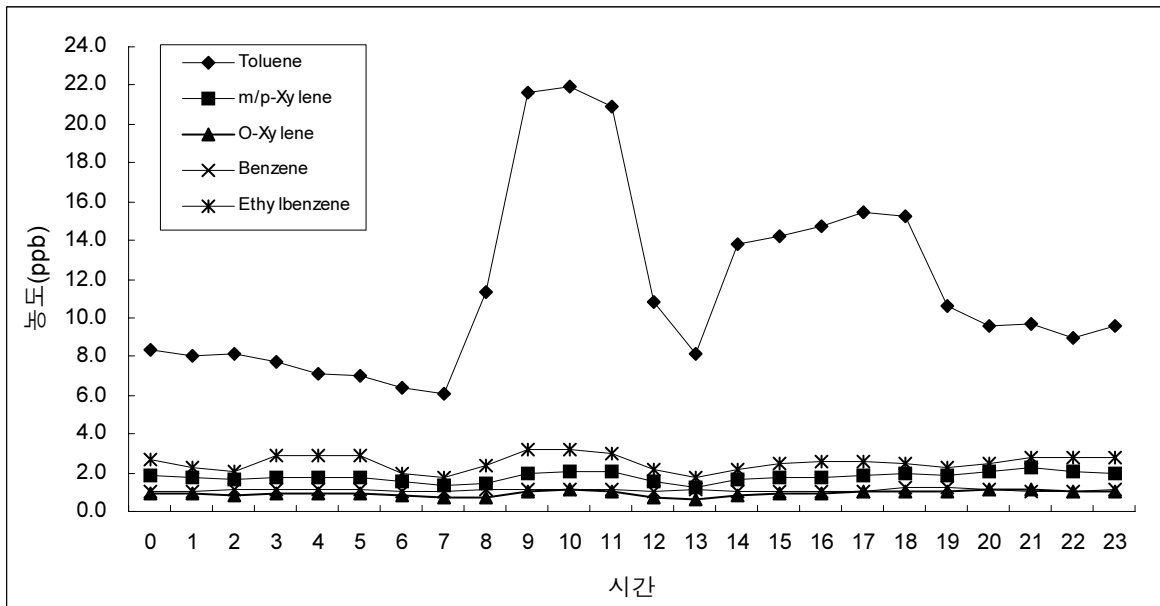


그림 6. 방향족화합물의 시간대별 농도(장림동).

□ 물질간 상관관계

○ 그림 7, 8은 Toluene과 m,p-Xylene의 상관관계를 나타내었는데 감전동에서는 두 물질간의 상관관계가 0.11로 아주 낮았으며 장림동에서는 0.55로 감전동보다 비교적 높게 나타났다. 따라서 두 지역의 배출원의 차이가 있음을 유추할 수 있다.

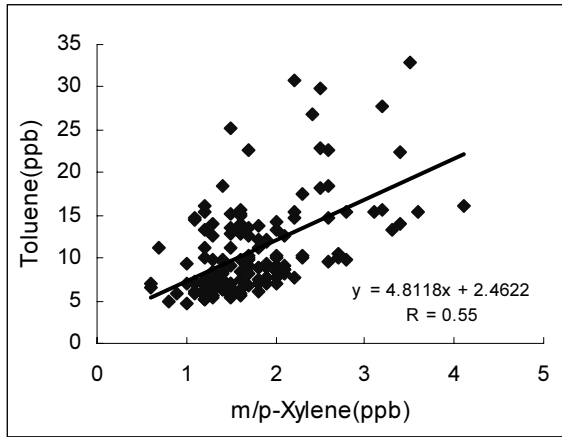


그림 7. 감전동의 물질 간 상관관계.

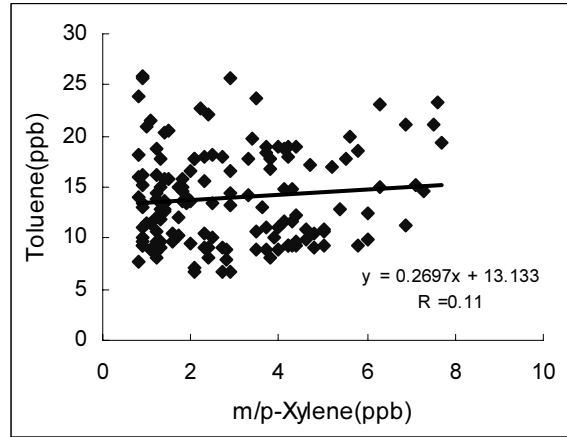


그림 8. 장림동의 물질 간 상관관계.

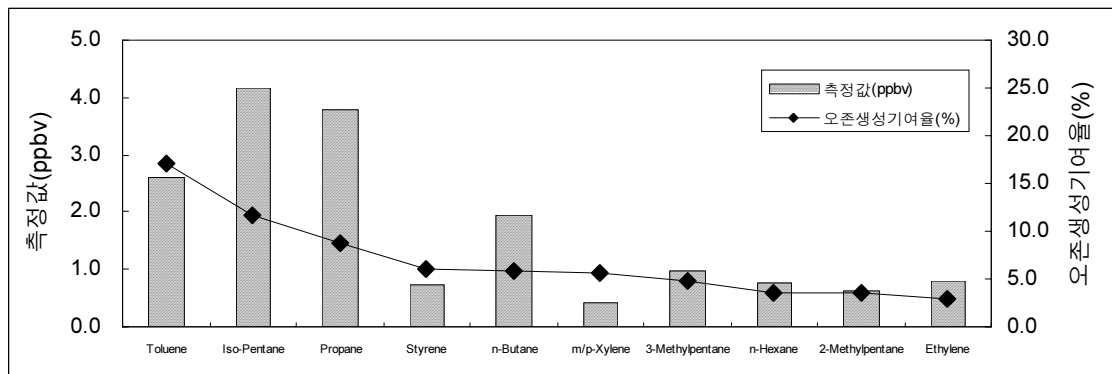
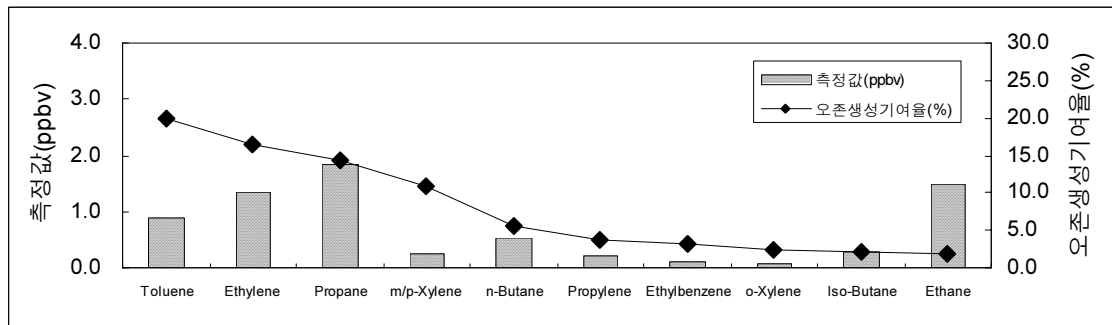
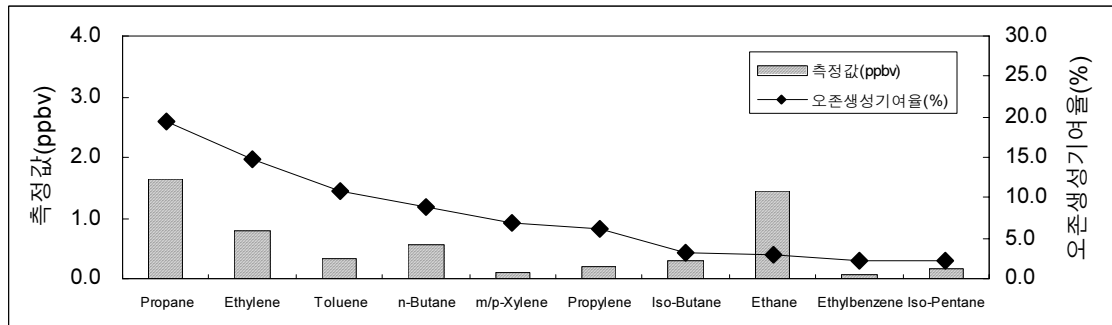


그림 9. 대연동, 당감동, 덕천동, 정관면, 장전동측정소 측정값 및 오존생성기여율(국가광화학측정소).

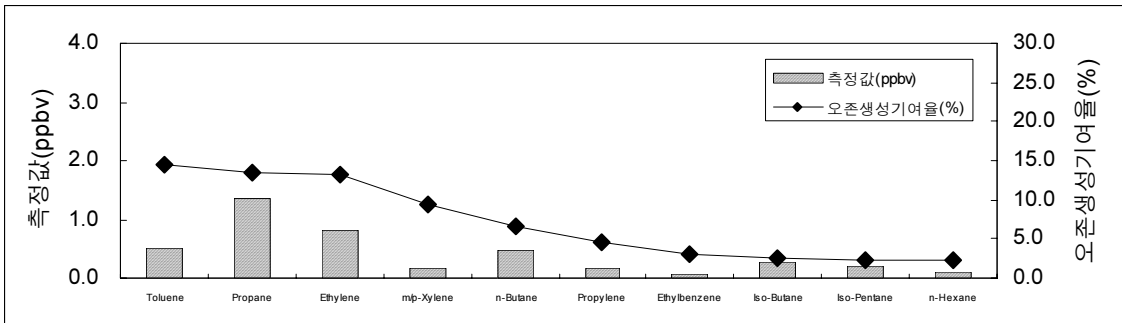
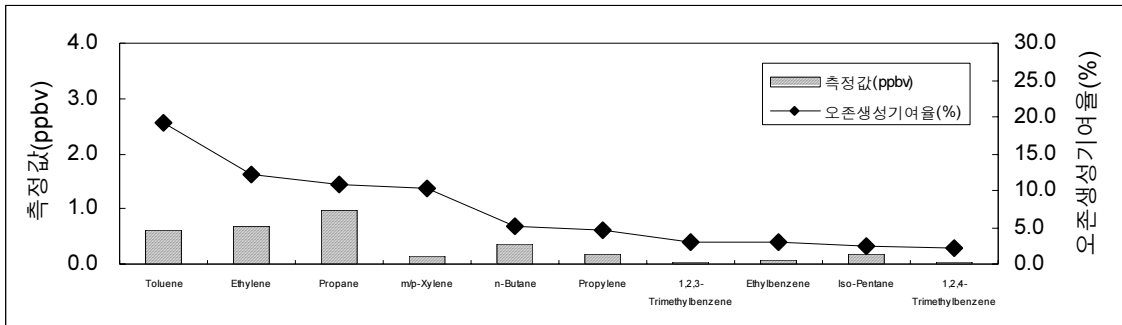


그림 9. 계속

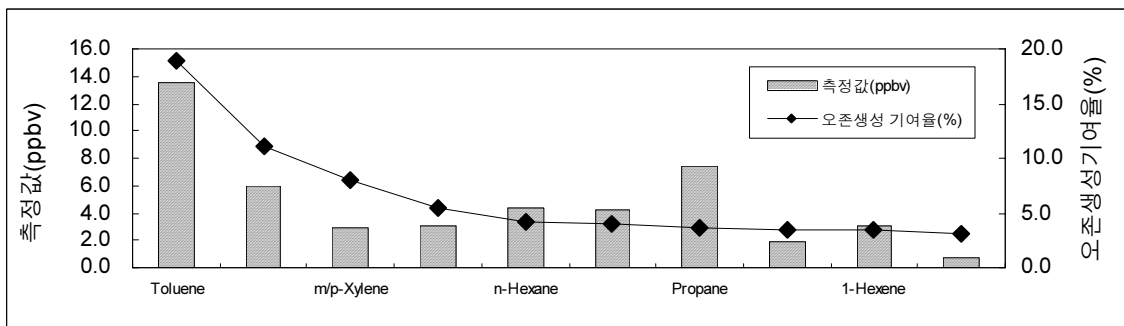


그림 10. 측정값 및 오존생성기여율(감전동).

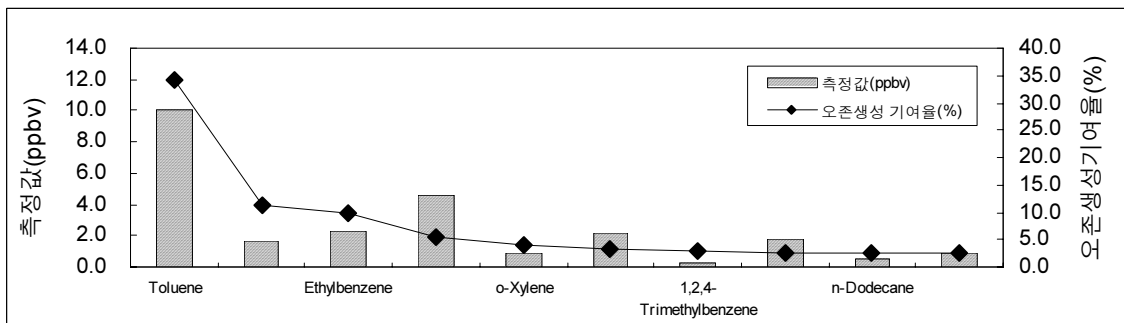


그림 11. 측정값 및 오존생성기여율(장림동).



#### 4. 악취물질 조사결과

##### □ 황화합물

- 장림동에서는 황화합물이 검출된 것은 3월부터 총 460회로 측정횟수를 산정해서 발생빈도를 계산하면 6.3%에 해당된다.
- H<sub>2</sub>S의 농도는 최고 100.9 ppb까지 검출되었고 풍향은 대부분이 서풍계열의 바람으로 측정되었으며 특히 서남서풍 계열의 바람이 높은 빈도를 나타내었다. 주 발생 시간대는 새벽 0시부터 07시 사이와 저녁 17시에서 23시 사이에 발생하는 빈도가 높았으며 3월과 4월에는 H<sub>2</sub>S의 농도가 54.8, 57.1 ppb로 높게 검출되었으나 5월과 6월은 최고농도가 9.2, 19.6 ppb로 전월에 비해 많이 낮아졌으며 발생빈도에서도 5월은 현저하게 떨어진 경향을 보이고 있고 6월은 아주 낮은 농도로 감지되어 민원의 발생이 적었던 것으로 유추된다.
- 기온이 높았던 7월은 발생빈도가 높았으나 발생농도는 높은 편이 아니었으며, 주변온도의 상승으로 생활악취의 발생이 주요 원인인 것으로 추정된다.
- 가을에 접어들어 10월부터 주풍이 서풍으로 되어져 악취관리지역으로부터의 영향이 높아져 발생빈도와 농도가 높아진 것으로 추정된다.
- 고농도의 황화합물 특히 H<sub>2</sub>S가 20 ppb이상 검출된 횟수는 총 126회로 3월 6회, 4월 11회, 7월 1회, 10월 42회, 11월 31회, 12월 36회이며 5, 6월과 8월에는 고농도의 검출이 없었으며 낮은 농도로 자주 검출되는 경우가 많았다.
- 피혁폐수처리공단이 악취관리지역으로 지정된 4월 26일 이후 5월과 6월에는 현저하게 발생빈도가 줄어 들었으며
- 7, 8월은 고온현상으로 발생한 생활악취로 인해서 저농도의 황화합물들이 검출되었으며 10월이후에는 고농도의 H<sub>2</sub>S가 빈번하게 검출되었다.

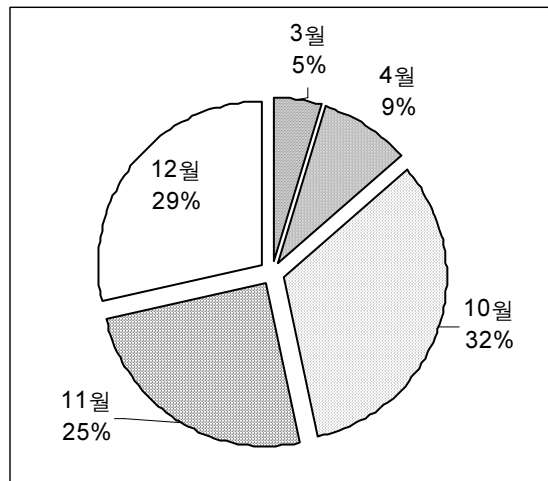


그림 12. H<sub>2</sub>S 고농도발생빈도(20 ppb 이상).

- 황화합물이 검출될 때는 H<sub>2</sub>S를 비롯한 MM이 동시에 검출되는 경우가 많았으며 DMS와 DMDS는 거의 검출되지 않거나 낮게 검출되는 경우가 많았다.

표 3. 장림동 황화합물 측정 결과

(단위 : ppb)

측정물질		3월	4월	5월	6월	7월	8월	10월	11월	12월
H <sub>2</sub> S	최고발생 농도	54.8	57.1	9.2	19.6	25.1	10.2	90.2	100.9	82.7
MM		7.4	3.1	1.4	2.4	5.8	2.9	12.9	11.4	13.6
DMS		1.3	1.0	0.0	0.9	0.3	0.7	1.3	1.5	0.9
DMDS		0.7	1.1	0.1	0.3	0.3	0.7	0.9	0.9	0.7
황화합물 발생빈도(%)		5.0	6.1	2.7	5.7	12.8	5.0	7.7	9.6	12.6
발생 건수		37	44	20	41	95	37	57	69	94
주 발생시간		0시~07시, 19시~23시								
주 풍향		서풍계열(서남서)								

○ 감전동에서는 황화합물은 거의 검출되지 않았다.

□ VOCs류 및 기타 악취

○ 감전동과 장림동에서 Toluene과 m/p-Xylene의 농도 및 검출율에서 비슷한 양상을 보이고 있으며 톨루엔을 제외한 물질들의 농도는 최소감지 값 이하로 측정되었다.

표 4. 상반기 악취물질 평균농도

(단위 : ppb)

항목	배출허용기준 (공업지역)	엄격한 배출허용 기준의 범위 (공업지역)	감전동			장림동		
			평균	최소	최대	평균	최소	최대
Ammonia	2000	1000~2000	11.6	4.0	28.5	10.9	8.4	14.5
Trimethylamine	20	5~20	0.0	0.0	0.0	0	0	0.1
Acetaldehyde	100	50~100	0.6	0.5	1.2	0.5	0.4	0.5
Propionaldehyde	100	50~100	0.0	0.0	0.1	0	0	0
n-Butyraldehyde	100	29~100	0.0	0.0	0.0	0	0	0
n-Valeraldehyde	20	9~20	0.0	0.0	0.0	0	0	0
iso-Valeraldehyde	6	3~6	0.0	0.0	0.0	0	0	0
Toluene	-	-	13.6	7.5	19.3	10.1	7.1	14.9
m/p-Xylene	-	-	2.9	1.1	7.7	1.7	1	2.6
Styrene	800	400~800	0.9	0.0	3.9	0.1	0	0.3

## 5. 기타

□ 조사결과에 대한 측정소별 특징

- 감전동측정소 : 톨루엔의 농도가 높고, 특이하게 이소프렌의 농도가 타지역과 비교할 때 높게 측정
- 장림동측정소 : 악취관리지역주변의 황화합물 농도가 높게 측정되었으며, 방향족화합물인 톨루엔과 에틸벤젠의 농도가 높게 측정