

휘발성유기화합물(VOCs) 자동측정망 운영

○ 우리 시 공단지역인 사상과 신평·장림공단의 대기 중 벤젠, 톨루엔 등 휘발성 유기화합물(VOCs)의 측정으로 지역 오염도 평가 자료로 활용

1. 조사개요

- 조사기간 : 2014년 1월 ~ 12월(매시간 자료)
- 조사지점 : 도시대기측정소 2개 지점
 - 학장동측정소 (학장동 학장초등학교 옥상)
 - 장림동측정소 (장림1동 주민자치센터 옥상)

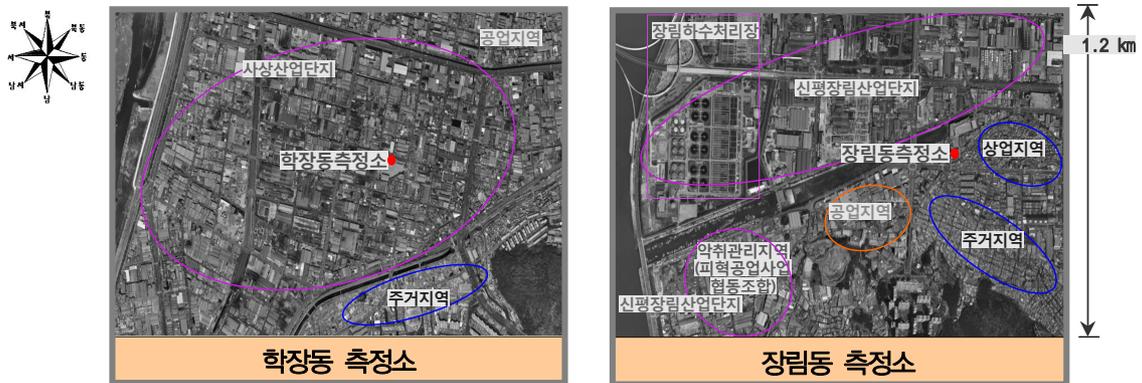


표 1. 분석항목 : 총33개 항목(악취물질 4종, C6류 3종 등)

| 구분 | 악취물질 | C6류 | C7류 | C8류 | C9류 | C10~C12류 |
|------------------|------------|--------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| 분 류 항 목 | Toluene | Methylcyclopentane | 2,4-Dimethylpentane | 2,2,4-Trimethylpentane | n-Nonane | n-Decane |
| | m/p-Xylene | Benzene | 2-Methylhexane | 2,3,4-Trimethylpentane | Isopropylbenzene | m-Diethylbenzene |
| | Styrene | Cyclohexane | 2,3-Dimethylpentane | 2-Methylheptane | n-Propylbenzene | p-Diethylbenzene |
| | o-Xylene | | 3-Methylhexane | 3-Methylheptane | m-Ethyltoluene | n-Undecane |
| | | | n-Heptane | n-Octane | p-Ethyltoluene | n-Dodecane |
| | | | Methylcyclohexane | Ethylbenzene | 1,3,5-Trimethylbenzene | |
| | | | | | o-Ethyltoluene | |
| | | | | | 1,2,4-Trimethylbenzene | |
| | | | | | 1,2,3-Trimethylbenzene | |

2. 측정소 개요

○ 학장동 측정소

- 위치 : 사상구 학장동 학장초등학교(옥상)
- 지리적 특징
 - 사상공업단지 가운데에 위치하여 산업단지내의 악취오염물질의 영향을 직접적으로 받고 있다고 할 수 있음.
 - 현재 우리원에서 수행하고 있는 공단지역 악취현황조사 지점으로 선정되어 있는 3개 지점이 측정소 남쪽으로 위치해 있음.

○ 장림동 측정소

- 위치 : 사하구 장림1동 주민자치센터(옥상)
- 지리적 특징
 - 북쪽 인근과 서쪽방향으로 약 730 m에 신평·장림산업단지가 위치해 있음.
 - 측정소를 중심으로 남쪽으로 주거지역과 상업지역이 위치해 있으며, 서쪽으로 공업지역과 함께 약 730 m에는 악취관리지역인 피혁 공업폐수처리장이 위치해 있음.
- “신평·장림일반산업단지” 특징
 - 위치 : 사하구 신평동, 장림동, 다대동
 - 주요업종 : 조립금속, 섬유·의복, 기계, 염색, 피혁, 도금, 석유화학 등
 - 주요악취배출시설 : 피혁 공동 폐수처리장, 사료제조

3. 조사결과

○ 기상자료 조사결과

- 측정소별 기상자료
 - 학장동 : 남풍이 주풍이며, 평균 풍속은 2.7 m/s 였음.
 - ▷ 풍향빈도 : S > SSW > SW (전년도 WNW > ENE > E)
 - ▷ 풍 속 : 0.4 ~ 10.2 m/s (전년도 0.3 ~ 8.7 m/s)
 - ▷ 기 온 : -4.9 ~ 36.0 ℃ (전년도 -10.1 ~ 37.0 ℃)
 - ▷ 습 도 : 2.4 ~ 87.0 % (전년도 3.2 ~ 84.4 %)
 - ※ 학장동 지점은 지리적 위치로 인해 사상공업단지에서 배출되는 악취오염물질의 영향을 많이 받고 있으며, 특히 바람의 영향으로 측정소 북쪽과 서쪽에 위치한 배출업소들의 영향을 많이 받고 있음.
 - 장림동 : 서북서풍이 주풍이며, 평균 풍속은 2.2 m/s 였음.
 - ▷ 풍향빈도 : NW > WNW > W (전년도 WNW > W > NW)
 - ▷ 풍 속 : 0.3 ~ 8.3 m/s (전년도 0.3 ~ 8.3 m/s)
 - ▷ 기 온 : -4.6 ~ 35.3 ℃ (전년도 -10.0 ~ 37.5 ℃)
 - ▷ 습 도 : 2.0 ~ 100 % (전년도 24.5 ~ 100 %)

※ 장림동 지점은 지리적 위치 및 바람의 영향으로 측정소 북쪽과 서쪽에 위치해있는
 신평 장림산업단지, 장림하수처리장 및 피혁 공업사업 협동조합(악취관리지역)들의
 영향을 많이 받고 있음.

표 2. 월별 주 풍향 및 평균풍속

| | 학장동 | | 장림동 | |
|-----|------|-----------|------|-----------|
| | 주 풍향 | 평균풍속(m/s) | 주 풍향 | 평균풍속(m/s) |
| 1월 | 남동 | 2.2 | 북서 | 2.3 |
| 2월 | 서 | 2.7 | 북북서 | 2.3 |
| 3월 | 남 | 2.8 | 북서 | 2.1 |
| 4월 | 남남서 | 2.8 | 서 | 2.1 |
| 5월 | 남 | 3.1 | 서북서 | 2.1 |
| 6월 | 남 | 2.9 | 동 | 1.9 |
| 7월 | 남 | 3.0 | 서북서 | 1.9 |
| 8월 | 남 | 3.2 | 동 | 2.1 |
| 9월 | 동 | 2.5 | 동 | 1.9 |
| 10월 | 동남동 | 2.6 | 동북동 | 2.1 |
| 11월 | 서남서 | 1.9 | 서북서 | 2.0 |
| 12월 | 서남서 | 2.4 | 북서 | 2.7 |
| 평균 | 남 | 2.7 | 북서 | 2.1 |

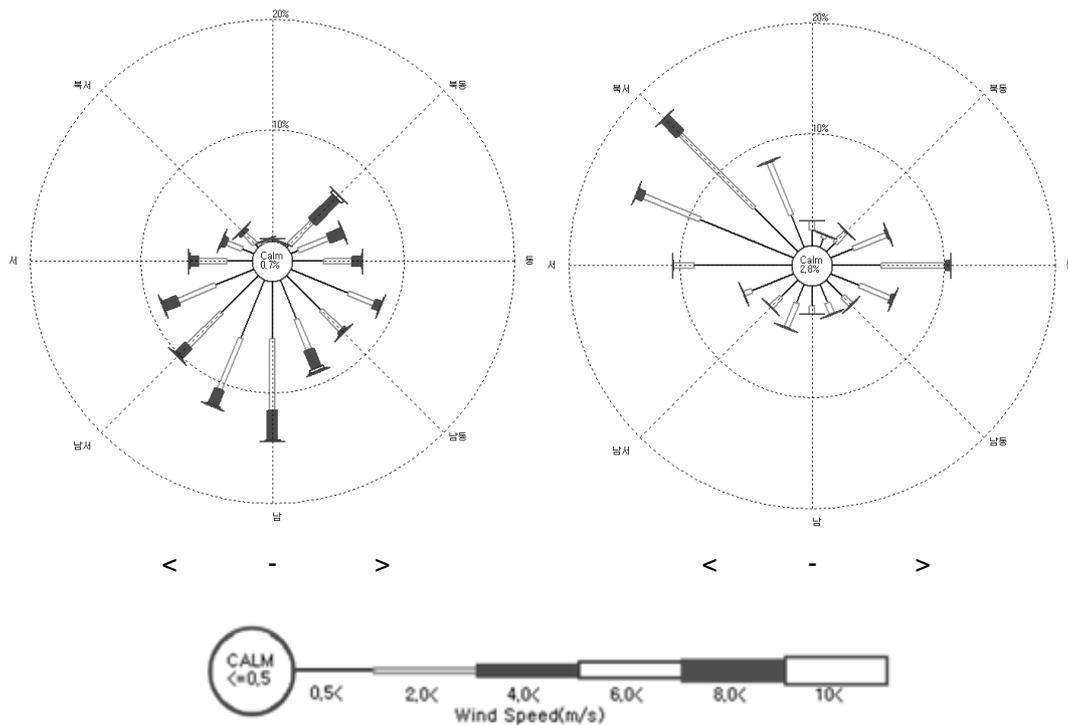


그림 1. 지점별 풍배도

○ VOCs 물질 조사결과

- 사업장 배출허용기준이 설정되어 있는 톨루엔 등 3개 항목들은 모두 배출허용기준(공업지역) 이하로 검출되었음.
- ※ 배출허용기준(공업지역) : 톨루엔 30,000 ppb, 자일렌 2,000 ppb, 스타이렌 800 ppb
- 환경기준이 설정되어 있는 벤젠의 경우 학장동 및 장림동 지점에서 각각 약 0.145 및 0.082 ppb로 환경기준인 1.5 ppb 이내로 검출되었음.

표 3. VOCs 물질 2014년 평균농도

(단위 : ppb)

| | | 배출허용기준 | | 엄격한 배출허용기준 (공업지역) | 최소 감지농도 ¹⁾ | 측정지점 | | | |
|--------------------|---------|--------|--------|-------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 공업지역 | 기타지역 | | | 학장동 | | 장림동 | |
| | | | | | | 당해년도 | 전년도 | 당해년도 | 전년도 |
| 기상자료 | 온도 | - | - | - | - | 16.0 | 15.8 | 16.1 | 16.1 |
| | 풍향 | - | - | - | - | 180 | 167 | 315 | 231 |
| | 풍속 | - | - | - | - | 2.7 | 2.7 | 2.1 | 2.2 |
| | 습도 | - | - | - | - | 56.1 | 54.0 | 58.4 | 78.0 |
| | 변형풍향 | - | - | - | - | 270 | 283 | 135 | 219 |
| VOCs (악취물질) | 톨루엔 | 30,000 | 10,000 | 10,000~30,000 | 330 | 0.859 | 2.478 | 0.888 | 2.207 |
| | m-자일렌 | 2,000 | 1,000 | 1,000~2,000 | 41 | 0.124 | 0.604 | 0.165 | 0.424 |
| | 스타이렌 | 800 | 400 | 400 ~ 800 | 35 | 0.419 | 0.768 | 0.033 | 0.252 |
| | o-자일렌 | - | - | - | 380 | 0.297 | 0.615 | 0.078 | 0.412 |
| VOCs (C6류) | MC펜탄 | | | | 1,700 | 0.044 | 1.233 | 0.006 | 0.152 |
| | 벤젠 | | | | 2,700 | 0.145 | 0.578 | 0.082 | 0.268 |
| | 시클로hex산 | | | | - | 0.067 | 0.633 | 0.003 | 0.220 |
| VOCs (C7류) | 24DM펜탄 | | | | 940 | 0.049 | 0.581 | 0.001 | 0.163 |
| | 2메틸hex산 | | | | - | 0.025 | 0.485 | 0.001 | 0.175 |
| | 23DM펜탄 | | | | 4,500 | 0.036 | 0.262 | 0.001 | 0.182 |
| | 3메틸hex산 | | | | 840 | 0.053 | 0.522 | 0.004 | 0.232 |
| | n-헵탄 | | | | 670 | 0.093 | 0.649 | 0.008 | 0.227 |
| | MChex산 | | | | 150 | 0.201 | 0.491 | 0.015 | 0.177 |
| VOCs (C8류) | 224TM펜탄 | | | | 670 | 0.137 | 0.684 | 0.001 | 0.181 |
| | 234TM펜탄 | | | | - | 0.080 | 0.862 | 0.006 | 0.154 |
| | 2메틸헵탄 | | | | - | 0.318 | 0.518 | 0.007 | 0.115 |
| | 3메틸헵탄 | | | | - | 0.335 | 0.461 | 0.005 | 0.153 |
| | n-옥탄 | | | | 1,700 | 0.394 | 0.713 | 0.031 | 0.354 |
| | 에틸벤젠 | | | | 170 | 0.491 | 1.021 | 0.228 | 1.233 |
| VOCs (C9류) | n-노난 | | | | 2,200 | 0.211 | 0.504 | 0.033 | 0.275 |
| | i-P벤젠 | | | | 8.4 | 0.286 | 0.602 | 0.013 | 0.158 |
| | n-p벤젠 | | | | 3.8 | 0.160 | 0.578 | 0.068 | 0.343 |
| | m-E톨루엔 | | | | 18 | 0.090 | 0.444 | 0.007 | 0.084 |
| | p-E톨루엔 | | | | 8.3 | 0.033 | 0.201 | 0.007 | 0.070 |
| | 135TM벤젠 | | | | 170 | 0.063 | 0.441 | 0.010 | 0.144 |
| | o-E톨루엔 | | | | 74 | 0.097 | 0.403 | 0.023 | 0.221 |
| | 124TM벤젠 | | | | 120 | 0.260 | 0.841 | 0.031 | 0.322 |
| | 123TM벤젠 | | | | - | 0.133 | 0.917 | 0.004 | 0.247 |
| VOCs (C10~C12류) | n-데칸 | | | | 620 | 0.096 | 0.530 | 0.077 | 0.297 |
| | m-DE벤젠 | | | | 70 | 0.160 | 0.816 | 0.009 | 0.150 |
| | p-DE벤젠 | | | | 0.39 | 0.108 | 0.542 | 0.088 | 0.471 |
| | n-운데칸 | | | | 870 | 0.340 | 0.772 | 0.035 | 0.399 |
| | n-도데칸 | | | | 110 | 0.128 | 0.830 | 2.812 | 0.484 |

1) 최소감지농도 : 일반인이 후각으로 느낄 수 있는 최소농도(일본기준치 적용)

○ 주요물질 조사결과

- VOCs 중 악취물질 농도

- 톨루엔 등 3개 악취물질들은 모두 최소감지농도 이하로 검출되었으며, 톨루엔을 제외한 2항목 모두 학장동 지점이 장림동 지점에 비해 높게 검출되었음.
- 두 지점 모두 전년 대비 모두 감소하였음.
- 학장동 지점에서는 최소감지농도의 0.26 ~ 1.2 %였으며, 장림동 지점에서는 0.09 ~ 0.27 % 수준으로 비교적 낮은 수준이었으며, 타 공업지역과 비교시 대체로 낮은 수준이었음.

표 4. VOCs 중 악취물질 농도(2014년)

(단위 : ppb)

| 항 목 | 배출허용 기준 ¹⁾ | 최소감지 농도 ²⁾ | 학장동 | | 장림동 | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|------|------|------|------|
| | | | 당해년도 | 전년도 | 당해년도 | 전년도 |
| Toluene | 30,000 | 330 | 0.86 | 2.48 | 0.89 | 2.21 |
| Xylene ³⁾ | 2,000 | 41 | 0.42 | 1.22 | 0.24 | 2.11 |
| Styrene | 800 | 35 | 0.42 | 0.77 | 0.03 | 0.25 |

1) 배출허용기준 : 공업지역 기준

2) 최소감지농도 : 일반인이 후각으로 느낄 수 있는 최소농도(일본기준치 적용)

3) Xylene 농도는 m,p-Xylene, o-Xylene을 합한 농도임.

표 5. 주요지역의 VOCs 농도

(단위 : ppb)

| 구 분 | 국가 광화학 측정망(2012년) ¹⁾ | | | | 부 산 | |
|----------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|------|------|
| | 광주 하남동 | 울산 여천동 | 충남 독곶리 | 전북 삼천동 | 학장동 | 장림동 |
| Toluene | 8.14 | 13.67 | 1.94 | 1.25 | 0.86 | 0.89 |
| Xylene ²⁾ | 1.75 | 11.25 | 1.64 | 0.33 | 0.42 | 0.24 |
| Styrene | 0.31 | 0.75 | 0.19 | 0.45 | 0.42 | 0.03 |
| Benzene | 0.27 | 2.56 | 0.64 | 0.90 | 0.15 | 0.08 |

1) 자료출처 : 대기환경연보(2012, 국립환경과학원)

2) m,p-Xylene과 o-Xylene을 합한 농도임.

- 환경기준항목 : 벤젠(환경기준 : 5 ug/m³ 또는 1.5 ppb이하)

- 벤젠농도는 학장동 지점이 장림동 지점보다 높게 검출되었음.
- 대기환경기준 대비 학장동 지점은 10.0 %, 장림동 지점은 5.3 % 수준으로 조사되었음. 두 지점 모두 전년 대비 감소하였음.

표 6. 벤젠 농도(2014년)

(단위 : ppb)

| 항 목 | 환경기준 | 학장동 | | 장림동 | |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 당해년도 | 전년도 | 당해년도 | 전년도 |
| 벤젠(C ₆ H ₆) | 1.5 | 0.15 | 0.58 | 0.08 | 0.27 |

※ 벤젠의 주요 배출원

- 생산공정(석유제품, 제철, 유기화학 등) 56.5 %, - 도로(차량) 17 %, 비도로(선박, 비행기 등) 14 %, 폐기물처리(소각) 6.5 %, 연료연소시설 (발전, 난방, 제조업 등) 1.9 %, 기타 4.1 %

○ 주요물질 배출 특성

- 오염장미

- 톨루엔 및 벤젠의 오염장미 작성결과 학장동 지점의 경우, 학장동 측정소 북쪽을 제외한 배출원의 영향을 많이 받고 있는 것으로 조사되었음.
- 장림동 지점은 주로 장림동 측정소 주위에 위치한 산업단지 및 악취관리지역 배출원의 영향을 받고 있는 것으로 조사되었음.
- 오염장미 검토결과, 오염물질의 농도 및 검출 빈도는 풍향과 발생 횟수의 영향을 주로 받는 것으로 생각됨.

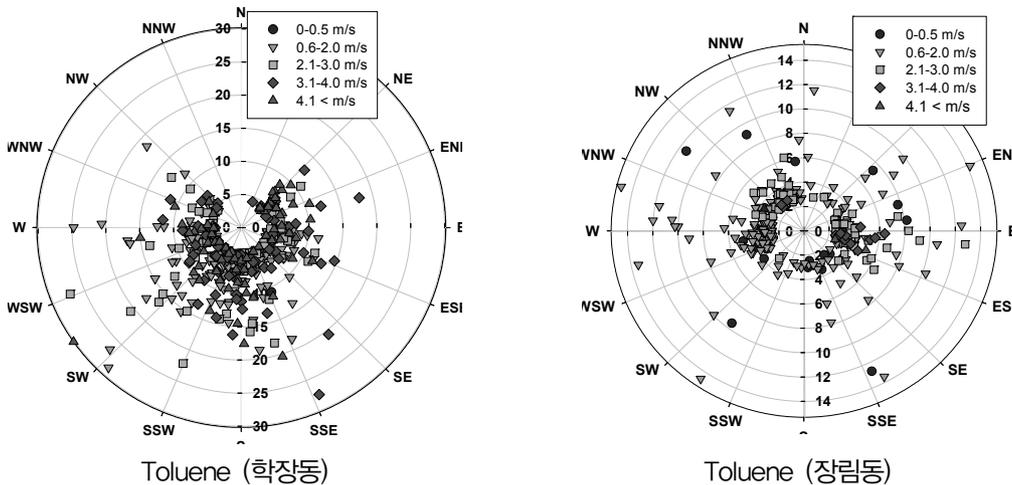


그림 2. Toluene 오염장미

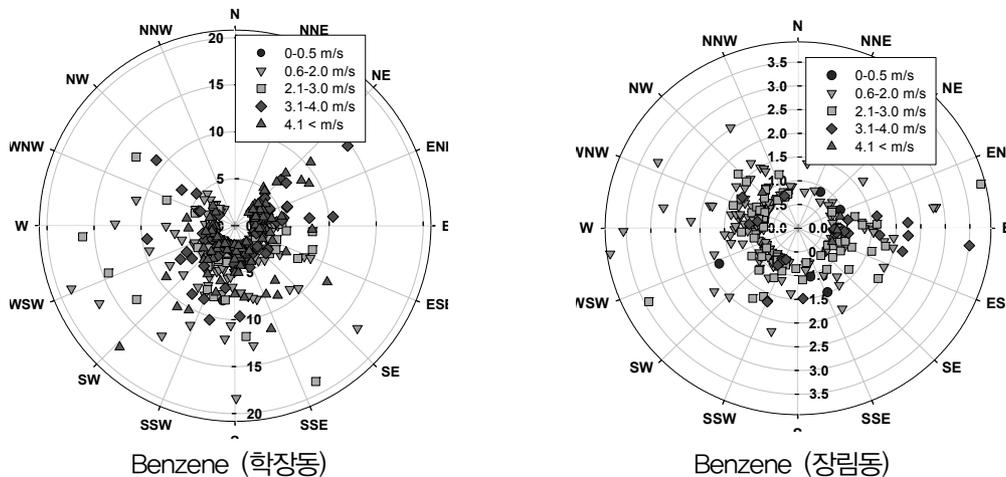


그림 3. Benzene 오염장미

4. 결 론

- 학장동 지점은 남풍, 장림동 지점은 북서풍이 주풍으로 Toluene, Xylene 및 Styrene 등 총 33개 VOCs 항목 모두 악취 배출허용기준 이내로 검출되었음.
- VOCs 물질 중 악취물질인 Toluene, Xylene 및 Styrene 농도는 학장동 지점의 경우 최소 감지농도의 0.26 % ~ 1.2 %, 장림동 지점에서는 0.09 % ~ 0.27 % 수준으로 낮은 수준 이었고, 타 공업지역과 비교하여도 낮은 수준임.
- 대기환경기준이 설정되어 있는 벤젠의 경우, 대기환경기준(1.5 ppb) 대비 학장동 지점은 약 10.0 %, 장림동 지점은 약 5.3 % 수준으로 조사되었음.
- 주요물질의 분포특성을 조사한 결과, 학장동 지점의 경우, 학장동 측정소 북쪽을 제외한 전 배출원의 영향을 그리고, 장림동 지점의 경우는 장림동 측정소 주변 모든 방향 배출원의 영향을 주로 많이 받고 있는 것으로 조사되었음.