

# 산업도시 유해대기오염물질과 건강영향 관련 연구 동향

## 산업도시지역 휘발성유기화합물(VOCs) 농도 분포

울산대학교병원 환경보건센터

### 배경 및 목적

울산은 석유화학공단, 자동차산업단지, 조선소 등이 위치한 국내 최대 산업도시이지만 지역 내 유해대기오염물질 모니터링은 매우 부족한 실정이다. 환경부지정 울산대병원 환경보건센터에서는 지역의 대기오염 노출수준을 파악하고 환경성질환과의 관련성 연구를 위한 기초자료 확보를 위해 휘발성유기화합물(VOCs) 농도를 측정하였다.

### 방법

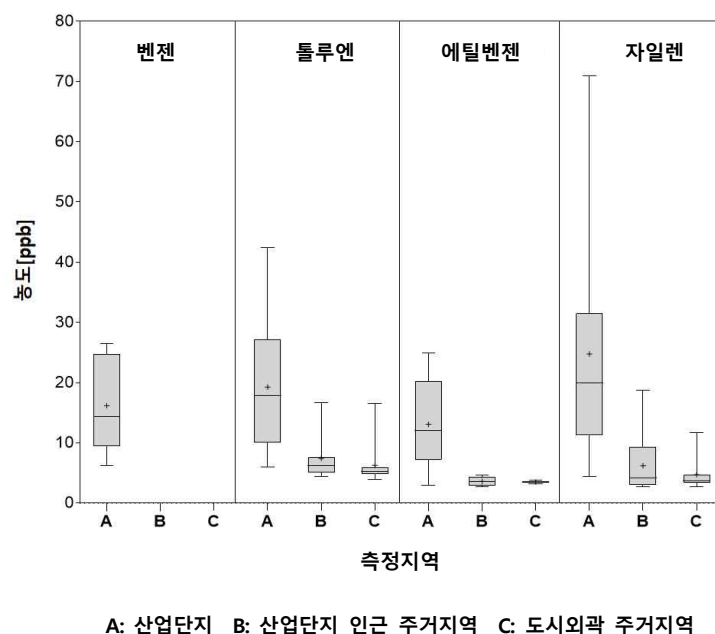
VOCs 측정은 Passive sampler를 이용하여 2019년 7월 중 5일간 수행되었다. 산업단지(아래 그림에서 A), 산업단지 인근 주거지역(B), 도시외곽 주거지역(C)에서 총 60개 지점에서 동시에 측정하였으며, 수집된 시료들은 이황화탄소( $CS_2$ )로 탈착 후 GC-MS를 이용하여 정성·정량 분석하였다.

### 결과

벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌 모두 산업단지 안에서 농도가 뚜렷하게 높고 넓은 농도 분포를 보였다. 특히 산업단지 내 자일렌 평균 농도는 24.8 ppb로 산업단지 인근지역 6.2 ppb, 도시외곽 주거지역 4.7 ppb에 비해 약 4배, 5배 각각 높았으며, 벤젠의 경우 산업단지 인근지역과 도시외곽 주거지역에서는 측정이 되지 않았다.

### 결론

울산지역 VOCs 동시 측정을 통해 국지적 농도 경도와 공간적 분포를 상세히 파악하였다. 산단 인근 주거지역과 도시외곽 주거지역에서도 산단에서 배출되는 대기오염물질 배출의 영향을 예상할 수 있었다. 향후 산업도시의 VOCs 농도 수준과 인구 노출평가 신뢰도 향상을 위해서는 주기적인 모니터링 조사가 이루어져야 할 것이다.



[출처: 울산대학교병원 환경보건센터 성과보고서 2019]

# 산업도시 유해대기오염물질과 건강영향 관련 연구 동향

## 석유화학 및 정유 공업도시 내 다환방향족탄화수소(PAHs) 농도 분포 계절적 특성

Thang et al.(울산과학기술원 UNIST)

### 배경 및 목적

우리나라 대산산업단지는 철강산업, 전기발전소 등이 위치한 국내 3대 석유화학 및 정유산업단지이다. 이 단지에서는 다환방향족탄화수소가 배출될 가능성이 높은 지역이나 충분한 모니터링 및 조사연구가 수행되지 못하였다. 이 연구에서는 울산과학기술원, 국립환경과학원, 영남대학교 연구진이 공동으로 대산산업단지와 인근 주거지 내 PAHs 농도의 계절적 특성을 분석하였다.

### 방법

산업단지 다환방향족탄화수소(PAHs)의 계절적 특성을 분석하기 위해 2011년 사계절 특정 기간 동안 대산산업단지와 인근 주거지역 총 84곳에서 동시 수집된 총부유입자 샘플을 분석하였다. 또한 오염물질 거동에 대한 해석을 위해 시료 채취기간 자동기상관측소의 기상자료 사용하였고 다변량 통계분석, 진단비(Diagnostic ratio), 역기류 궤적분석 등을 이용하여 PAHs의 배출원 및 경로를 연구하였다.

### 결과

산단 내 1지역(아래 그림에서 site 1), 2지역(site 2), 대조지역(site 3)의 연평균 PAHs농도는 각각 5.88, 4.52 및 5.08 ng/m<sup>3</sup>이었으며, 산업단지 내 Benzo(e)pyrene /Benzo(a)pyrene 비가 봄, 여름, 가을, 겨울에 각각 약 1.4, 1.7, 1.1, 1.2로서 여름이 가장 높게 나왔다. 측정된 모든 지점에서 PAHs의 총량과 총부유물질(TSP) 양의 유의미한 상관관계가 관찰되었으며, 여름을 제외한 계절에 대기 중 PAHs 농도에 지역 배출의 영향이 장거리 운송으로 인한 배출에 비해 더 크다는 것을 알 수 있었다. 아울러 진단비와 역기류 궤적 분석을 통해 따뜻한 계절에는 추운 계절에 비해 석탄/바이오매스 연소가 PAHs 발생 원인으로서 우세한 것으로 파악되었다.

### 결론

대산산업단지와 인근 주거지역의 PAHs 연간 평균농도가 다른 나라의 산업지역보다 낮으며, 겨울에 가장 농도가 높았고 여름에 가장 낮은 농도를 보였다. 비슷한 배출원의 영향을 받아 측정된 세 지역의 PAHs profile의 큰 차이는 없었으며 PAHs의 농도분포와 PAHs 배출원의 영향이 계절적인 특성에 따라 다를 수 있음을 확인하였다.

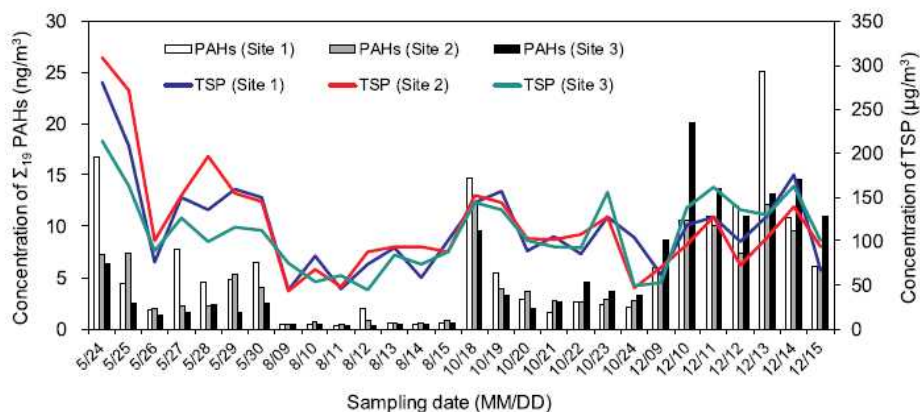


Fig. 3. Temporal variations of concentrations of  $\Sigma_{19}$  PAHs and TSP at the three sites in Daesan during the sampling period.

[출처: Thang et. al. Seasonal characteristics of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a petrochemical and oil refinery industrial area on the west coast of South Korea, Atmospheric Environment 2019, 198:398-406]

- 울산대병원 환경보건센터 편집

# 산업도시 유해대기오염물질과 건강영향 관련 연구 동향

## 산업도시의 대기오염물질과 질병과의 연관성

Chau(대만 타오위안 란드세드 국제병원)와 Wang(대만 국립중앙대학교)

### 배경 및 목적

선진국과는 다르게 개발도상국에서는 대기오염도가 지속적으로 높아지고 있다. 대기오염물질로 인한 단일 질병 발생에 대한 연구가 다수 이루어졌지만 여러 질병의 동시 발생 관련 연구는 매우 미흡하다. 대만 Landseed 국제 병원과 대만 국립중앙대학교 연구진은 5년간(2007~2011) 178만명의 외래환자를 대상으로 18가지의 질병에 대해 대기오염물질과의 연관성을 알아보기 위하여 연구를 수행하였다.

### 방법

의료방문자 기록과 대기오염 빅데이터 분석을 위해 기상자료를 결합한 다변량 질병-대기오염물질 모델을 이용하였다. 2007년~2011년의 각 연도의 질환별 일일 의료기록과 연령 그룹(0-15세, 16세-65세, 66세 이상)으로 연령을 구분하여 일일 환경변수(PM10, PM2.5, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO)와 기상학적변수(온도, 강수량, 풍향, 풍속, 상대습도)를 고려하여 연구하였다.

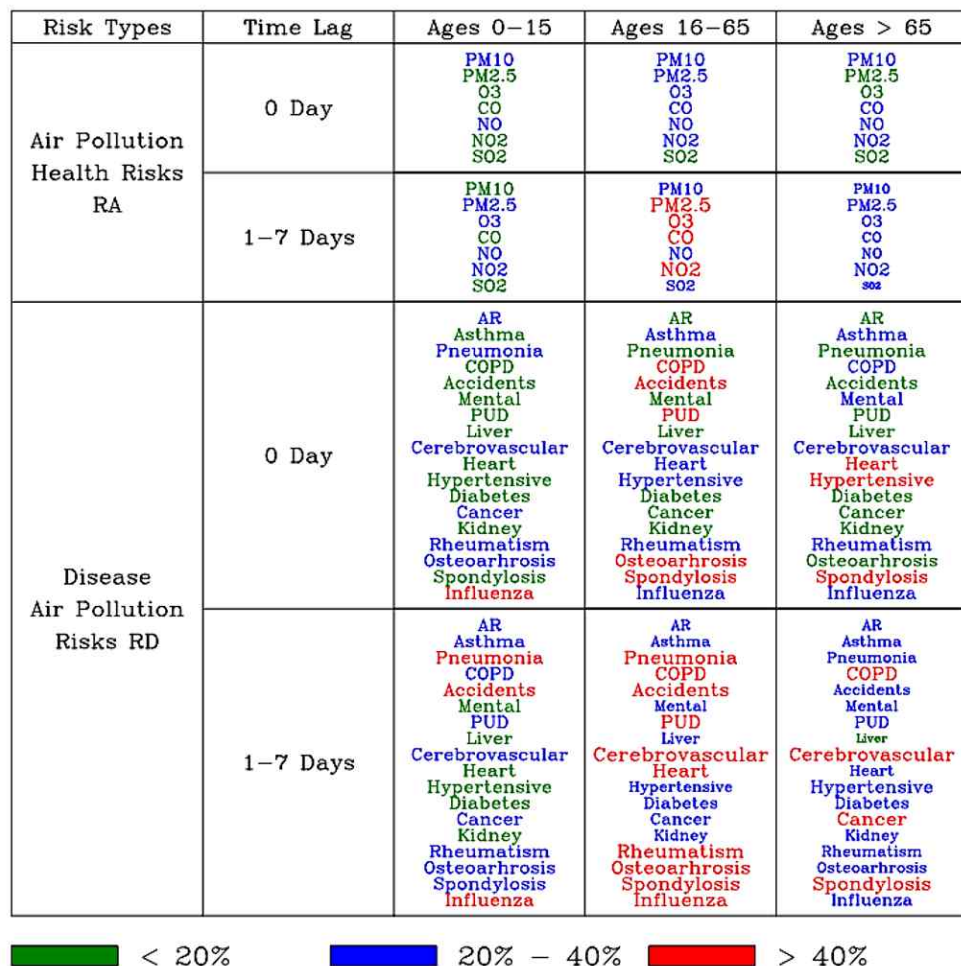
### 결과

대기오염으로 인해 호흡기, 근골격계, 순환계 질병이 가장 영향을 크게 받을 수 있고 지속적으로 오염된 대기환경에 노출되어 면역체계와 중추신경계가 저하될 수 있음을 확인하였다. 대기오염 위험도가 40% 이상으로 높은 경우 0-15세의 알레르기비염, 폐렴, 독감, 16세-65세의 폐렴, 심장질환, 척추증, 66세 이상의 만성 폐쇄성 폐질환, 고혈압, 뇌혈관 질환 동시 발병과 상관성이 큰 것으로 분석되었다. 특히 대기오염물질 중 PM2.5, NO<sub>2</sub>, PM10, O<sub>3</sub>, CO, NO가 질병과의 연관성이 높은 것으로 나타났다.

### 결론

질병이 여러 장기에 동시에 발생하는 것은 면역체계가 대기오염물질의 지속적인 증가에 대응하여 신체를 보호하려는 방어기제로 볼 수 있으며, 대기오염물질이 인체 면역 체계에 미치는 영향이 크고 연령대에 따른 질병의 위험도의 차이가 있음을 확인하였다.

## 산업도시 유해대기오염물질과 건강영향 관련 연구 동향



**Figure 10.** Distribution of air pollution health risks ( $R_A$ ) and disease health risks ( $R_D$ ) with respect to immediate (0 Day) and delayed (1–7 Days) time responses in 3 age groups of outpatients.

[출처: Chau, T. et al. An association between air pollution and daily most frequently visits of eighteen outpatient diseases in an industrial city. Sci Rep 2020, 10:2321]

- 울산대병원 환경보건센터 편집