

## 유해대기오염물질 분석체계 구축

일반  
현황

### [문헌조사]

- 몽골 내 유해대기오염물질 측정현황을 조사해본 결과, PAHs(Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, 다환 방향족 탄화수소) 측정망을 보유하고 있지 않아, 지속적인 데이터를 획득할 수 없는 것으로 확인됨. 이에, 기존 문헌자료를 통해 PAHs 현황을 파악한 결과, 몽골 내 유해대기오염물질 수준이 심각한 것으로 조사됨

### 참고: 유해대기오염물질(Hazardous Air Pollutants, HAPs)

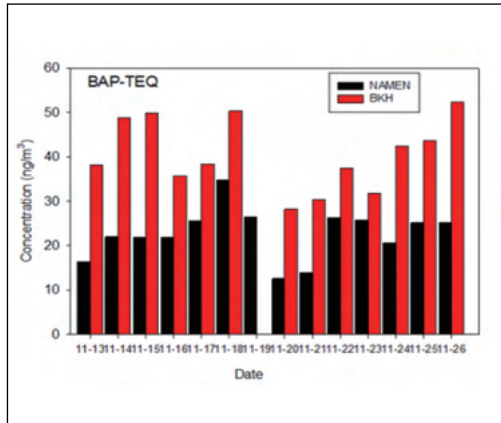
- 정의: 사람의 건강이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접적으로 위해를 줄 우려가 높은 대기오염물질로 PAH(Poly Aromatic Hydrocarbon), VOCs(Volatile Organic Compounds, 휘발성 유기화합물)가 대표적이며 주요배출원은 자동차 배출가스, 화력 발전소 등임
  - PAHs: 여러 개의 벤젠고리를 지닌 방향족 탄화수소로 모든 연소과정에서 배출되는 물질로, 미량으로도 암을 유발시킬 수 있는 발암물질임. 돌연변이를 유발할 수 있는 물질로 밝혀져 있으며, 모든 연소과정에서 배출됨
  - VOCs는 비점(끓는 점)이 낮아서 대기 중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상 유기화합물을 총칭하며, 산업체에서 많이 사용하는 용매에서 화학 및 제약공장이나 플라스틱 건조공정에서 배출되는 유기가스에 이르기까지 매우 다양하며 끓는점이 낮은 액체연료, 파라핀, 올레핀, 방향족화합물 등이 포함됨
  - 유해대기오염물질은 적은 농도로도 치명적인 건강영향을 끼칠 수 있는 물질로 명확한 배출원을 파악한 후 배출원별 적절한 관리를 시행해야 함. HAPs의 배출원(원인물질)을 파악하기 위해서는 유해대기물질의 성분을 분석할 수 있는 분석체계를 갖추어야 함
- NAMEM과 BKH의 평균 PAHs 농도는  $280 \pm 110 \text{ ng/m}^3$ ,  $484 \pm 179 \text{ ng/m}^3$ 을 나타내며, 매우 높은 농도를 기록함. 특히, 서울( $16.1 \pm 10 \text{ ng/m}^3$ )과 비교 시 몽골의 PAHs 농도는 매우 심각한 수준임을 알 수 있음

<표 67> 몽골 및 서울의 BaP-TEQ 값 비교

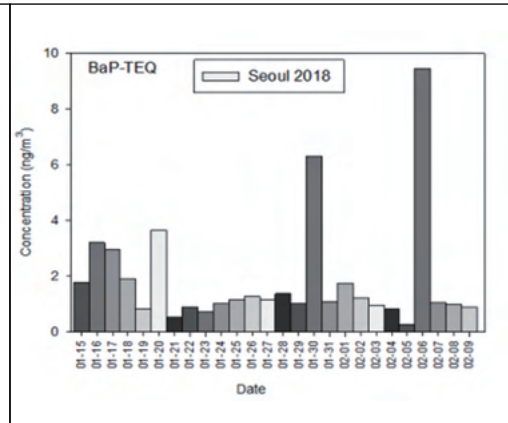
|              | PM2.5 concentration (mg/) | PAHs concentrations (ng/m3) | BaP-TEQ (ng/m3) | Normalized toxicity by PM2.5 concentration (ng/ug) |
|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|--|
| <b>NAMEM</b> | 81.4±34.7                 | 280±110                     | 22.7±5.74       | 0.33±0.15  |
| <b>BKH</b>   | 147±75.1(210±107)         | 484±179                     | 40.5±8.06       | 0.41±0.49(0.29±0.35)                               |
| <b>Seoul</b> | 30.1±20.9                 | 16.1±10.0                   | 1.86±1.99       | 0.04±0.05  |

※ TEQ(Toxic Equivalency Quotient, 독성 당량 계수)로 변환하여 나타낸 BaP-TEQ 값을 아래 그림에 나타내었음

[그림 46] 몽골의 BaP-TEQ



[그림 47] 서울의 BaP-TEQ



※ 몽골 측정지점

- BKH(Bayankhoshuu): 게르 지역 스토브 사용 주거지역
- NAMEM: UB시 중심부 위치

- 위에서 살펴본 바, 몽골의 PAHs의 농도는 매우 높으며 한국의 서울과 비교 시 약 17~30배 높은 값을 보이며, 독성 측면에서도 10배 이상의 강한 독성을 보임

\* 위 실험을 위한 샘플링은 2017년 11월 같은 시간에 수행되었음

[법령] 없음

- 현재, 몽골 대기 유관법령 내에는 관련 규제가 부재함

[기준] MNS 5885:2008, MNS 6063:2010

- 대기오염물질 허용기준(MNS5885:2008)
- 도시지역의 대기오염물질 허용기준(MNS 6063:2010)

[정책개요]

- 유해 대기오염물질 관리를 위한 유해대기 오염물질을 분석하는 체계임. 한국의 경우, 환경부에서 대기환경보전법 제38조 2항 규정에 따라, 특정 대기 유해물질에 대해 정의하고 일반 대기오염물질보다 엄격하게 관리하고 있음

[세부내용]

■ PAHs(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)

- 주요 배출원: 모든 연소과정에서 배출되며, 대부분의 PAH는 인위적인 산물임. 특히 석탄, 기름, 가스, 폐기물 등 유기물질의 불완전 연소 시 발생하는 것으로 알려져 있으며, 인간 생활환경 도처에서 쉽게 노출될 수 있는 물질임
- 시료채취방법: 입자상에서는 석영필터, 가스상에서는 흡착제인 PUF(poly urethane form)이나 XAD-2 수지(resin)을 사용하며 분석방법으로는 높은 감도를 갖고 있는 가스크로마토그래피(GC) 또는 질량분석법(MS)을 사용하며, 분석 가능한 PAH는 19종임

〈표 68〉 산성강하물 측정망 구성요소(안)

| 구분               |        |     |                | 측정항목  |
|------------------|--------|-----|----------------|---|
| 오<br>염<br>물<br>질 | 건<br>성 | 가스상 | 수<br>동         | HNO <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub>  |
|                  |        | 입자상 | 수<br>동         | 초미세먼지 질량농도, 초미세먼지 중 이온성분<br>(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> )   |
|                  | 습<br>성 | 액상  | 수<br>동         | 강우 또는 강설 중 pH, 전기전도도, 이온농도<br>(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> ) |
| 수<br>은           |        | 자동  | 총 가스상 수은, 종별수은 |   |
|                  |        | 수동  | 수은 습성 침적량      |   |

■ 미세먼지 성분분석

- 미세먼지 중 초미세먼지는 다양한 배출원에서 직접 배출(Primary aerosols)되거나 화학 반응을 통해 대기 중에서 기체가 입자로 변환(Secondary aerosols)하기도 함
- 초미세먼지의 구성성분은 이온, 유기탄소, 원소탄소, 각종 미네랄(원소성분)로 구성되어 있음

〈표 69〉 초미세먼지 분석 대상 및 분석기기

| 분석대상    | 대상물질  | 분석방법               |
|---------|---|--------------------|
| 미세먼지 무게 | 무게  | 미량저울을 이용한<br>중량농도법 |
| 탄소성분    | 유기탄소(OC) 화합물 및<br>원소성 탄소(EC)  | OC, EC 분석기         |
| 음이온     | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>                        | IC                 |
| 양이온     | K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> | IC, ICP-OES        |
| 금속성분    | 원소성분  | XRF, ICP-OES       |

**[참고] 분석 가능한 PAH 목록**

|                   |                      |                         |              |
|-------------------|----------------------|-------------------------|--------------|
| Acenaphthene      | Benzo(e)pyrene       | Coronene                | Naphthalene  |
| Acenaphthylene    | Benzo(b)fluoranthene | Dibenz(a,h)anthracene   | Phenanthrene |
| Anthracene        | Benzo(k)fluoranthene | Fluoranthene            | Pyrene       |
| Benz(a)anthracene | Benzo(g,h,i)perylene | Fluorene                | Perylene     |
| Benzo(a)pyrene    | Chrysene             | Indeno(1,2,3-c,d)pyrene |              |

- 필요장비: 분석장비(GC/MS), 시료 전처리를 위한 농축기, 추출기, 오븐, 후드 등

**■ VOCs(Volatile Organic Compounds)**

- 정의: VOCs는 대기 중에서 질소산화물(NOx)과 함께 광화학반응으로 오존 등 광화학산화제를 생성하여 광화학스모그를 유발하기도 하고, 벤젠과 같은 물질은 발암성물질로서 인체에 매우 유해함
- 시료채취 방법: 흡착제로 충전한 흡착관에 시료를 채취하여 열 탈착한 후 다시 저온 농축관에서 채취(농축)하고 2단 열탈착하여 고분리능 모세관 컬럼을 이용한 가스크로마토그래피에 의해 분석대상물질을 분리하여 질량검출기(MSD)나 불꽃이온화검출기(FID)로 측정하고 분석 대상물질은 16종은 아래와 같음

**[참고] VOCs 대상물질(16종)**

|              |                  |                      |                    |
|--------------|------------------|----------------------|--------------------|
| Benzene      | Styrene          | TriChloroethylene    | 1,3-Butadiene      |
| Toluene      | o-Xylene         | Tetrachloroethylene  | Methylenechloride  |
| Ethylbenzene | Chloroform       | 1,1-Dichloroethane   | Vinylchloride      |
| m,p-Xylene   | MethylChloroform | Carbon tetrachloride | 1,2-Dichloroethane |

**■ 산성강하물**

- 정의: 몽골에서 중요하게 생각하는 분석항목으로 몽골 국립환경연구소(CLEM)에서 측정하는 대기관련 항목 중 하나임. 이에 여기서는 산성강하물 측정망을 구성하는데 필요한 구성요소를 제안함
- 측정방법: 강우 중 수은 분석방법 EPA Method 1631, Revision E (2002)를 기본으로 하며, 강우 중 수은을 산화, 환원, 흡착과 열 탈착 과정을 거쳐 냉증기형광광도기 (cold vapor atomic fluorescence spectrometer; CVAFS)를 이용하여 측정
- 산성강하물에 포함되어 있는 이온 물질 중 음이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>)은 이온크로마토그래피를 이용하여 분석함
- 산성강하물에 포함되어 있는 이온 물질 중 양이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)은 원자흡광 분광 광도법 또는 이온크로마토그래피 법으로 분석함