

실내 대기환경과 중금속 농도의 분포 특성에 관한 연구

- 학교 환경의 실내 대기조건과 중금속 농도 -
 A Study on the Characteristics of Heavy metal
 concentration and Indoor Atmospheric Environments
 - Indoor Atmospheric conditions and Heavy metal
 concentration of School -
 장난심* · 정지영 · 박종길
 인제대학교 환경학과

1. 서론

하루중의 80% 이상을 실내 환경에서 생활하는 현대인에게 있어서 실내 공기의 오염은 일반 대기의 오염에 못지 않게 중요하다. 실내에 격리된 공기는 실외의 대기조건에 따라 다른 형태를 나타낼 수 있으며, 간혹 실내 공기의 성상에 변화를 유발하게 하는데, 이는 취사, 난방을 위한 화석 연료의 연소, 건물내의 공기질, 실내 거주자들이 이용할 수 있는 공기의 체적뿐 만 아니라 외부 공기의 유입 상태 및 질과 실내의 기상조건(온도, 습도, 바람)등에 의해 좌우된다고 할 수 있을 것이다.

구미 선진국에서는 1970년대 이후 실내공기오염에 관한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 우리나라는 실내공기오염의 중요성에 대한 인식이 아직은 부족하여 실내의 가스상오염물질에 관한 연구는 있으나 작업장 이외의 곳에서 부유분진에 의한 실내공기의 오염에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 뿐만아니라 각종 환경 오염에 노출되어 있는 학교환경에 대한 연구는 국내외적으로 거의 전무한 상태이며, 주위 대기환경에 의한 영향을 입을 수 있는 조건을 가지고 있음에도 아무런 대책을 갖고 있지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실내 대기환경과 오염물질 농도의 분포특성을 알아보기 위하여 실내·외 공기의 성상이 달리 나타날 것으로 생각되는 도시의 여러 지역(교통지역, 주거지역, 공업지역)에서 사람은 많으나, 내부에 특별한 오염원이 없는 학교를 대상으로 학교환경의 실내와 실외 대기의 기상환경과 대기중의 중금속의 거동에 대해 살펴보고 학교 환경의 개선을 위한 제안 자료를 생산하고자 한다.

2. 관측개요 및 연구방법

2.1. 관측개요

학교 환경의 실내 대기조건과 중금속 농도의 분포특성을 알아보기 위해 시행된 관측은 두 가지로 실내·외 대기의 물리적 조건을 알기위한 기상관측과 실내·외 대기에서의 중금속 농도의 관측이다.

먼저 실내 대기환경의 지표로서 사용되는 기온과 습도는 Asmann통풍건습계를 이용하여 실내와 실외에서 10분 간격으로 건구온도와 습구온도를 관측하였으며, 관측지역은 Fig.1에서 보는 바와 같이 도시의 여러 지역중 공단지역에 해당하는 장림국민학교와 준공업지역인 삼락국민학교, 교통지역인 서여자고등학교와 주거지에 해당하는 백양중학교의 4개 지역을 선정하였고, 실내는 각 학교의 1층 복도 중간지점으로 정하였으며, 학교 뒷뜰을 실외로 정하여 1994년 5월의 매주 토요일 오전 10시부터 오후 2시까지 관측을 행하였다. 비교 자료로는 가까운 김해 공항 측후소의 자료를 사용하였다. 또한 관측기간의 기상개황을 알아보기 위해 사용된 지상 및 상층 일기도는 일본 기상청에서 발행한 인쇄일기도를 사용하였다.

다음은 실내·외의 대기중 중금속 농도를 알아보기 위해 사용한 관측기기로는 Personal Air Sampler(PAS, 미국 Gilian사)이며, 공기의 흡입속도는 2 l/min, 흡입시간은 90분으로 하였다. Sampler에 사용한 필터는 직경이 37 mm이고, pore size가 0.8 μ m인 membrane filter(Millipore Corporation, USA)이다. 분진포집 1일전인 24시간동안 건조기에서 건조시킨 후 무게를 측정하고 사용하였다. 또한 air monitoring cassette(AMC)를 조립할 때 membrane filter가 찢어지지 않도록 하기 위해 바닥에 membrane pad를 놓고 조립하였으며, 기밀유지를 위해 뚜껑을 para film으로 밀봉한 후 분진을 포집하였다.

분진을 포집한 장소는 기상관측의 경우와 같으며 실내·외에서의 분진포집고도는 기온과 같이 1.5m 높이를 유지하였고, 근처의 창문을 모두 닫아 실내·외의 구별이 뚜렷하도록 하였다.

2.2. 연구방법

실내 대기의 물리적 특성을 알아보기 위해 관측한 건·습구 온도자료로 산출한 요소는 다음과 같다. 먼저 대기중의 수증기압(e, mb)은

$$e = E' - Kp(t-t') \quad (1)$$

여기서, e 는 수증기압 (mb), t, t' 은 각각 건구온도(℃)와 습구온도(℃)이다. E' 은 t' 에 대응하는 포화수증기압(mb), p 는 관측 장소의 기압(mb), K 는 건습계상수(0.000800)이다.

상대습도(R.H.,%)는

$$R.H. = \frac{E' - Kp(t-t')}{E} \times 100 \quad (2)$$

와 같으며, 여기서 E 는 온도 t 에 대한 물의 포화수증기압(mb)이며 나머지는 식(1)과 같다.

혼합비($W, g/kg$)는

$$W = \frac{0.622e}{p - e} \times 1000 \quad (3)$$

과 같다. 관측소의 기압은 비교 지역(공항)과 비교한 결과 크게 변동이 없었으므로 1013mb값을 사용하였다.

한편 실내 대기의 불쾌지수(Discomfort Index)는 건습구온도를 이용한

$$DI = (t + t') \times 0.72 + 40.6 \quad (4)$$

과 Matsumoto(1993)의 상당온도를 이용한 (5)으로 구하여 비교하였다.

$$t_e = (t + w \cdot L_w) / C_{pm} \quad (5)$$

여기서 DI 는 불쾌지수(Discomfort Index), t 와 t' 은 각각 건구온도(℃)와 습구온도(℃), t_e 는 상당온도, L_w 는 응결잠열, C_{pm} 는 건조공기의 정압비열을 나타낸다.

다음으로 실내·외의 중금속농도를 알아보기 위해 포집한 분진의 중금속분석을 위해 Fig.2와 같은 전처리과정을 거친 후 ICP(Inductively Coupled Plasma)기기를 이용했으며, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, Al, Ca, Mg의 중금속성분을 분석하여 이 결과로부터 실내·외의 분진내 중금속농도를 산출하였고, 포집한 분진내에 함유된 중금속의 농도와 실내·외 대기와의 관계를 지역별로 나누어 비교해 보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1 학교 주변대기의 기상요소분석

3.1.1 지역별 실내외 대기의 온도 : 각 지역의 실내외 온도의 분포는 비교지역의 온도분포와 비슷한 양상을 보였으며 대체로 실외가 실내보다 높거나 같은분포를 보였다.

3.1.2 지역별 실내외 대기에서의 Wet-Bulb Depression의 분포 : 지역별 건습구온도차는 공단 및 준공업지역이 대체로 높은 값을 나타냈고, 다음은 교통지역, 주거지역의 순서로 나타났으며, 각 지역 모두 실내보다는 실외에서 Wet-Bulb Depression이 값이 크게 나타났으며, 특히 주거지역인 백양중학교는 1.02℃로 실내외의 건습구 온도차가 가장 컸다.

3.1.3 각 지역의 평균습도(R.H.)와 혼합비의 실내외 비교 : 각 지역의 평균습도와 혼합비를 실내외별로 비교해 본 결과 대부분의 경우 실외보다 실내의 습도, 혼합비가 더 높았으며, 특히 5월 7일에 그 차가 크게 나타났다. 하지만 5월 21일에 준공업지역과 공단지역에서는 오히려 실외보다 실내의 습도가 더 낮은 것으로 나타났으며, 주거지의 경우도 그 차이가 0.84정도로 낮은 값을 나타내는 경향을 보였다. 이는 일기도에서 알 수 있듯이 대체로 흐리고 관측기간 중에 약한 비가 내렸기 때문으로 생각된다.

3.2 학교 주변대기의 대기조건과 중금속 농도와와의 관계

3.2.1 지역별 중금속 농도의 비교: 지역별 실내외에서 중금속의 평균농도의 합은 공업지역이 가장 높게 나타났으며, 교통지역과 주거지역이 비슷하였고 그 다음은 준공업지역 순이었다.

3.2.2 실내외별 상대습도, 혼합비와 중금속 농도와와의 관계

학교환경의 실내 대기에 영향을 주는 주요 중금속인 Ca, Zn, Fe, Al의 농도를 상대습도와 혼합비와 비교해 보면 혼합비가 적은 준공업지역은 오염물의 농도도 낮게 나타났으며, 다른 지역은 대체로 비슷하게 나타났고, 실내외의 경우 교통지역을 제외하고 실내가 혼합비와 습도, 오염물의 농도가 높게 나타나 중금속의 농도는 상대습도 및 혼합비와 대체로 관계가 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 김영란(1988), 실내공기중 중금속오염에 관한 연구, 경희대학교 대학원 석사논문
 Matsumoto H.(1993), On the equivalent temperature as a hotness and coldness index, Tenki, 40,7, p493-498