

## 2C3) 기기중성자 방사화분석법을 이용한 대전 1·2 공단의 PM10 내 미량원소의 장기간 특성연구

### Long-Term Characteristics of Trace Elements in PM 10 at the 1st and 2nd Industrial Complex of Daejeon Using Instrumental Neutron Activation Analysis

이현석 · 임종명 · 이진홍 · 문종화<sup>1)</sup> · 정용삼<sup>1)</sup>

충남대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>한국원자력연구소

#### 1. 서 론

대도시내의 산업단지의 경우 주거지역과 인접하여 위치하고 있기 때문에 산업단지에서 발생하는 오염 물질들은 시민들의 생활에 큰 영향을 미치고 있다. 그러나 국내에서는 아직 PM10의 장기적인 연구가 다소 미흡하고 가장 오염이 심하리라고 예상되는 산업단지에서조차 PM10의 장기적인 자료가 없다. 따라서 장기간 자료에 근거한 대기 중 미량금속의 특성평가, 인체 위해도 분석 및 오염원 평가가 원활히 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

대전 1·2 산업단지는 대도시 산업시설의 지방분산 수용, 지역경제 활성화를 목적으로 1969년부터 1979년(대전 제1산업단지: 1969년~1973년, 대전 제2산업단지: 1975년~1979년)에 걸쳐 대전광역시 대덕구 대화동, 읍내동 일원에 조성되었다. 단지규모는 1,256,000m<sup>2</sup>으로 조립금속, 석유화학, 섬유 등 1차 금속 위주 산업을 위주로 약 130여개 업체가 입주하고 있다. 이에 본 연구는 대전 지역에서 가장 오염이 심하리라고 판단되는 대전 1·2산업단지 내에서 3년간에 걸쳐 축적된 PM10 및 미량성분에 대한 자료를 바탕으로 대기 중 미량성분의 특성 연구를 목적으로 수행되었다.

#### 2. 연구 방법

##### 2. 1 시료의 채취

대기분진시료는 대전 1·2산업단지의 남쪽 하단에 위치한 대화동사무소 건물 옥상(지상 약 6.5m)에 설치한 high-volume air sampler(Graseby Andersen SAUV-10H Model)를 0.80 m<sup>3</sup>/min 으로 운전하여 시료 당 공기량이 약 1,150 m<sup>3</sup>가 유지되도록 하여 채취하였다. 1998년~2000년의 기상자료(대전기상청 기후자료, 1998-2000) 분석 결과, 연구대상지역의 주풍향이 북서풍 계열로 나타났으며, 따라서 공단의 남쪽 하단에 위치한 시료 채취 지점인 대화동사무소는 적절한 채취 지점임을 알 수 있었다. 여지는 기계적 강도가 강하고 압력강하가 작은 cellulose-fiber 여지(Whatman 41, 8"×10")를 사용하였는데, 이 여지는 미량금속에 대해 화학적으로 매우 적은 바탕농도를 갖고 있어 미량금속의 분석에 효율적인 것으로 판단된다. 채취된 시료는 실험실에서 항량시켜 무게를 잰 후, 시료 분석 전까지 데시케이터에 보관하였다. 시료의 채취는 2000년 4월 6일부터 2002년 12월23일까지 24시간씩 총 136개의 시료를 채취하여 기기중성자 방사화분석법(INAA)을 이용하여 분석하였다.

##### 2. 2 INAA

채취된 대기분진시료의 원소분석을 위해 한국원자력연구소의 연구용원자로(HANARO)에 설치된 공압 이송조사공(PTS)을 사용하여 조사( $\Phi_{th}$ :  $2.95 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>·sec)하였다. 조사된 시료의 방사능계측에는 고순도 게르마늄 반도체 검출기(EG&G ORTEC, 25% relative efficiency, 1.85 keV FWHM at 1332 keV <sup>60</sup>Co, Peak to Compton ratio: 45 to 1)와 16K Multichannel Analyzer(Gamma Vision, EG&G, ORTEC)를 사용하였다. 또한 에너지 및 검출효율의 교정은 디스크형 표준선원(GF-ML 7500, Isotope Products Lab.)을 사용하였다. 표준물질(NIST SRM 1648, 2074, 2079)을 동일한 조건으로 분석하여 원소의 농도를 보정하였다. 통계적 오차를 줄이기 위해 계측시간을 알맞게 조절하였으며, 불감시간은 5%이하로 유지하였다. 계측된 데이터로부터 원소의 농도를 계산하기 위하여 Labview로 작성한 중성자 방사화분석용 합량 계산프로그램을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

PM 10의 계절 평균농도는 봄 115.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 여름 61.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 가을 81.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 겨울 91.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 건조한 기상조건과 황사의 영향으로 봄에 PM10의 농도가 가장 높게 나타났다. 다음의 그림 1에 2000에서 2002년까지 3년간의 PM10 농도의 추세를 나타내었다. PM10의 년 평균 농도는 각각 85.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 91.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 81.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 큰 변화는 없는 것으로 나타났고, 136개의 시료 중에 대전시 대기환경기준인 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과한 날도 32일이나 되었다.

PM10 내 화학성분은 지각에서 기인되는 Al, Ca, Cl, Fe, K, Mg, Na 농도가 높게 나타났으며, 독성금속인 As의 산술평균은  $3.15 \pm 2.26 \text{ ng}/\text{m}^3$ , Mn은  $48.9 \pm 31.9 \text{ ng}/\text{m}^3$ , V은  $5.52 \pm 3.70 \text{ ng}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 산술 평균값으로 비교해 보면, In, Lu, Yb가 가장 낮은  $10^{-2} \text{ ng}/\text{m}^3$ 에서, Cs, Sc, Sm, Th이  $10^{-1} \text{ ng}/\text{m}^3$  이하에서, As, Ce, Co, I, La, Se, V이  $10^0 \text{ ng}/\text{m}^3$  이하, Ba, Br, Cr, Mn, Sb가  $10^1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , K, Mg, Na, Ti, Zn가  $10^2 \text{ ng}/\text{m}^3$ , Al, Cl, Fe가  $10^3 \text{ ng}/\text{m}^3$  대의 영역에서 나타나서, 최대농도를 갖는 원소와 최소농도를 갖는 원소 간에는 대략  $10^5$  이상으로 차이가 벌어져 있다는 것을 알 수 있다.

그림 2는 계절적인 원소농도의 경향을 나타내고 있으며 지각기원의 원소들인 Al, Fe, Ce, V 등의 원소는 건조한 봄에 다른 계절보다 더 큰 농도를 보였고, As, Cr, Zn 등의 산업활동에 의해 발생하는 원소들은 계절적으로 비슷하거나 가을에 상대적으로 더 높은 농도를 나타내었다. 또한 자동차의 배기가스 또는 연료의 연소가스에 많이 포함되는 Br, Cl, Sb은 겨울철에 더 높은 농도를 보였다.

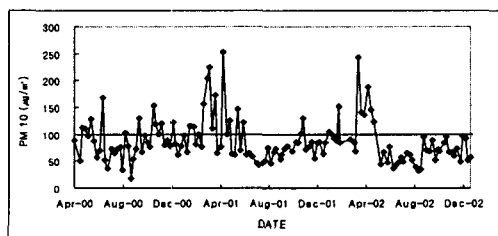


Fig. 1. Variation of PM 10 concentration in 2000~2002.

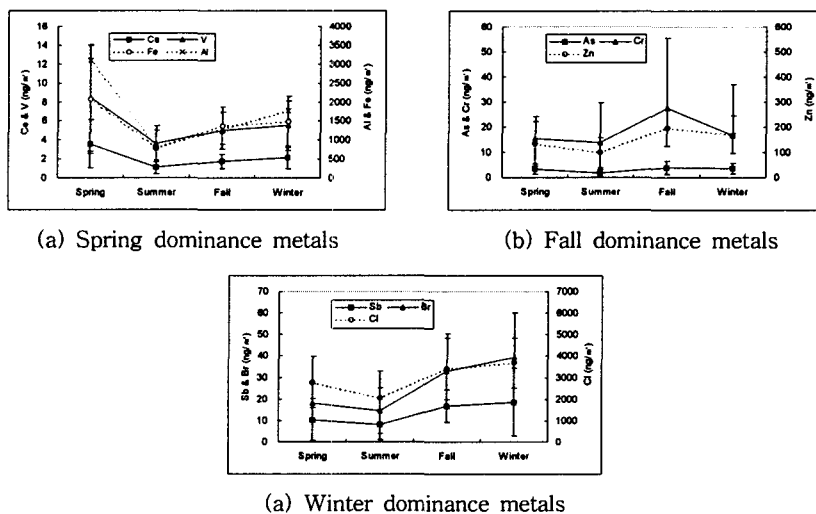


Fig. 2. The patterns are compared among metals associated with PM10.

### 참고 문헌

Jin-Hong Lee et al., (2003) Trace Element Levels of Aerosols at Urban Area of Korea by Instrumental Neutron Activation Analysis, JRNC, Vol. 256, No. 3, 553-560.