

DB2) 부산지역 산성강우의 특성과 pH영향인자에 관한 연구 A Study about Characteristics of Acid Rainfall and Interpretations of pH influence-Factors in Pusan

황성욱 · 유수영 · ¹⁾조정구 · 최금찬

동아대학교 환경공학과 대기오염연구실, ¹⁾부산시 보건환경연구원

1. 서론

산성비에 관한 초기 및 후속강우의 질적인 연구는 전보에서도 보고되었으며, 동아대학교에서는 1993년부터 강우를 초기강우와 후속강우로 나누어 강우의 질적 변화에 대한 연구를 계속하고 있다. Harrison(1983)과 Zhao(1988)는 강우성분의 질적 변화와 대기오염물질의 장거리 이동에 대한 연구를 보고하고 있다. 따라서, 산성강우의 질적 변화에 대한 연구는 초기강우와 후속강우의 특성을 규명하는 것이 중요하며, 한반도 지역 특성상 수송 등에 의해 영향을 받는 대기오염물질의 파악은 산성강우연구와 함께 국가간 환경문제에 있어서 중요한 Data가 된다.

본 연구는 1993년 9월부터 2000년 1월까지 강우를 장기간에 걸쳐 조사함으로써 부산지역의 연도별, 계절별 초기강우(1mm이하의 강우)와 후속강우(1mm이후의 전 강우)의 특성에 대한 규명을 연구하였다. 또한, 축적된 Data는 통계 처리하여 보다 명확한 강우의 pH에 영향을 주는 인자의 파악을 시도하였으며, 나아가 산성강우의 원인물질 억제와 정확한 산성강우의 예측모델 형성에 기초가 되는데 큰 의의가 있다.

2. 연구 방법

강우의 채취기간은 1993년 9월부터 2000년 1월까지로 간헐적 및 연속적으로 채취하였고, 채취지점은 부산시 하단동 소재 동아대학교 공과대학 2호관 건물 옥상(지상 약 15M)에서 채취하였다. 시료 채취 지점 주변에는 울속도 하구언과 사상, 장림공단이 위치하고 있으며, 낙동강 하구언이 인접하여 바다에서 약 3-4 Km의 거리에 위치하고 있다. 이 기간동안의 총 시료채취 수는 초기강우가 158개이고, 후속강우 124개로 총 282개이다. 초기강우와 후속강우의 용량별 강우 채취를 위해 자체 제작한 강우 채취 장치를 이용하여 매 강우 시마다 140ml(실험에 사용된 Sampler에서 초기강우 1mm로 계산된 양)의 초기강우와 후속강우를 자동으로 채취하여 강우의 이온성분은 IC로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

봄, 여름, 가을, 겨울의 모든 계절에 걸쳐 pH5.6이하의 산성강우의 현상을 나타내었으며, 겨울을 제외하면 초기강우보다 후속강우의 pH가 상대적으로 더 낮게 나타났음을 알 수 있다.

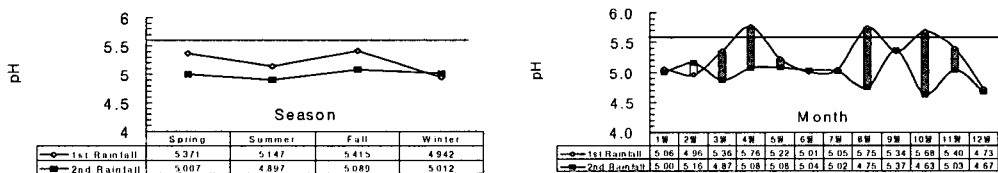


Fig.1. pH variance of 1st, 2nd Rainfall in seasons. Fig.2. pH variance of 1st, 2nd Rainfall in months.

초기강우의 계절별 평균 pH범위는 4.942~5.415 범위였으며, 최저 값은 겨울철 pH 4.942로 나타났으며, 최고 값은 가을철 pH 5.414로 나타나 난방이 시작되는 겨울철에 다량의 황산화물의 증가로 인하여 초기강우에서조차 pH를 저하시키는 것으로 사료된다. 후속강우의 계절적 평균은 pH 4.897~5.089의 범위로 최저 값은 여름철 pH 4.897, 최고 값은 가을철 pH 5.09로 나타나 초기강우의 pH범위보다는 그 편차가 상대적으로 작았다. 월별 pH변화에 있어서 4월, 8월 그리고 10월의 초기강우를 제외하고는 전월(every months), 전 강우에서 pH 5.6이하의 산성비 현상을 나타내었다. 초기강우의 pH범위는 최저 12월

의 pH 4.73에서 최고 4월의 pH 5.76 사이였으며, 후속강우는 최저 12월의 pH 4.67에서 최고 9월의 pH 5.37범위 이내로 나타났다. 따라서, 12월이 초기 및 후속강우의 산성도가 가장 심한 것으로 나타났다.

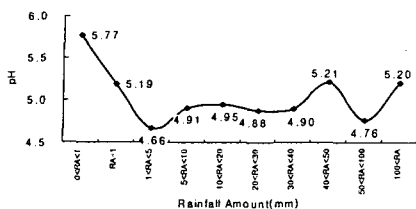


Fig.3. Weight-average of pH in rank of rainfall amount.

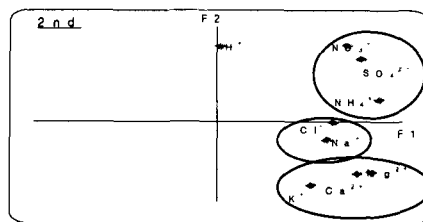


Fig.4. Factor loading of each component in 2nd rainfall.

또한, 강우량에 따른 pH 값의 가중평균값은 강우량 20~40mm에서 88%이상의 가장 높은 산성강우의 빈도를 나타내었으며, 빈도수는 53.3%로 상대적으로 낮지만 pH 평균값에서 가장 낮은 값을 보이는 곳은 강우량 1~5mm 사이의 pH평균 4.66을 나타내어 강우량 1~5mm의 강우가 산성강우일 경우 산성도가 심한 강우가 내리는 것으로 나타났다. 강우량 40~50mm의 강우량에서 pH평균 5.21로 나타내었으며 그 이후 강우량에서 다시 하락하다 100mm 이상의 강우량에서 pH 5.20의 평균값을 나타내었다. 일본의 강우 60mm이상에서 pH 5.0에 수렴하는 것에 비해 부산의 경우는 1차 50mm 2차 100mm이상에서 pH 5.20에 수렴하여 차이를 나타내었다. 이러한 현상은 강우의 이온성분의 강우량에 따른 제거효율에서 찾아볼 수 있는데 SO_4^{2-} 의 경우 5mm 강우까지는 오히려 SO_4^{2-} 의 양이 초기강우보다 증가한 것으로 나타났는데 이것은 SO_4^{2-} 가 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 등의 미세입자 영역에 다량 존재하여 비록 CaSO_4 등의 형태인 조대입자 영역이 크게 세정되는 1mm이전의 초기강우에서 세정이 일어난다 할지라도, 그 이후 즉 1~5mm의 강우부터 세정이 더욱 크게 일어나는 특성을 나타내었다. 그리고, 강우량이 증가하면서 이온의 제거효율도 증가하는 경향을 나타내어 50mm까지의 강우에서 83.70%의 높은 제거효율을 나타내어 세정이 대부분 완료되는 것으로 나타났다. 각 이온성분의 제거효율에서 SO_4^{2-} $Y(\%) = 1.0873X + 31.803$ ($r=0.98$), NO_3^- $Y(\%) = 1.1838X + 29.686$ ($r=0.96$), 그리고, Ca^{2+} 의 경우는, $Y(\%) = 1.13X + 36.299$ ($r=0.73$)로 비교적 상관계수 값이 높은 선형방정식을 나타내었다.

장기간 sampling에서 얻은 data를 통한 단순통계와 SAS통계package를 통한 작업에서 부산지역의 봄철 nss- SO_4^{2-} 의 농도는 다른 계절에 비해 2.27배 많은 농도를 나타내며, 황사현상이 있는 봄철은 3.13배의 높은 농도를 나타낸다. 그리고, 황사현상이 나타날 때 강우에 침착되는 nss- SO_4^{2-} 의 농도는 다른 계절과 비교할 때 6.10배 증가를 나타내어, 황사와 함께 한반도에 상륙하는 nss- SO_4^{2-} 의 농도가 큰 것으로 나타났다. 9개 변량에 대한 주성분 분석에서 주성분의 해석력을 높이기 위해 F1의 인자 부하량을 횡축에, F2의 인자 부하량을 종축에 놓고 직교회전 시킨 결과 후속강우는 인위적 발생에 기인한 SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ 의 그룹과, Na^+ , Cl^- 의 해양기원 그룹, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ 의 토양기원 그룹으로 자연발생적 기원이 토양과 해양의 그룹으로 구분되어 나타났다. H^+ 는 SO_4^{2-} , NO_3^- 와 같은 영역에 존재할 뿐만 아니라 비교적 비슷한 위치에 있어, SO_4^{2-} , NO_3^- 의 증감에 따라 H^+ 도 비슷한 경향을 나타내어 pH의 변화에 영향이 큰 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 박정호, 최금찬, Mikio Kasahara(1996) 강수에 의한 대기 에어로졸 입자의 세정특성, 대기보전학회지 제12권 제2호
- 심상규 외, 우리나라 산성비 특성과 감시망 현황, 아세아 태평양 지역의 대기질 관리대책 세미나(1996) 강공언, 임재현, 김희강(1997) 서울지역 강수 산성도의 장기적인 경향분석, 대기보전학회지 제13권 제1호