

2C6) 주암호에 대한 질소화합물의 대기침적 특성과 잠재적 오염원의 규명

Atmospheric Deposition Characteristics of Nitrogen-containing Compounds into Juam Reservoir and the Identification of Their Potential Sources

장장표 · 장영환 · 이승훈 · 이승목¹⁾ · 장남익²⁾

경성대학교 환경공학과, ¹⁾서울대학교 보건대학원, ²⁾국립환경과학원 영산강물환경연구소

1. 서 론

대기 중으로 배출된 대기오염물질은 기상조건에 따라 다른 지역으로 이동하여 습식, 혹은 건식의 형태로 자연계의 표면으로 침적되는데 이러한 대기침적은 토양이나 동·식물 등의 생태계뿐만 아니라 인간의 생활에도 악영향을 끼치고 있다. 특히 상수원으로 사용되는 호수나 저수지의 수질 또한 대기침적으로 인한 영향이 무시하지 못할 수준임이 입증되고 있어 대기침적에 대한 관심이 날로 집중되고 있다. 따라서 본 연구에서는 그동안 진행되어 온 대기침적의 국내·외 선행 연구결과를 토대로 전라남도의 주요 상수원 중의 하나인 주암호를 대상으로 주암호 지역의 질소성분에 대한 대기침적의 특성을 종합적으로 파악하고자 하였다. 또한 대기침적의 주요 원인이 되는 배출원의 잠재적 오염원을 규명하여 향후 상수원 수질보호 대책 수립을 위한 기초자료의 마련하고자 하였다.

2. 실험 및 분석방법

본 연구에서는 1999년 8월부터 2000년 11월까지 약 15개월간 낮과 밤 시간대로 구분하여 입자상물질의 건식침적 포집이 가능한 DDP(dry deposition plate)와 입자상과 가스상 물질을 동시에 포집할 수 있는 WSS(water surface sampler)를 사용하였다. WSS의 경우 가스 및 입자상 물질이 함께 침적된 형태인 NO_3^- 및 NH_4^+ 등의 성분을 측정하여 분석하였다. 습식침적에 대한 특성 파악은 본 연구의 시료채취지점에서 1998년에 측정·분석된 강우량의 분석결과를 사용하였다. 대기침적의 원인이 되는 영향배출원의 위치와 특성을 파악하기 위해 수용점과 배출원과의 관계를 규명해 줄 수 있는 수용모형 중의 하나인 PSCF(potential source contribution function) 모형을 적용하였다. 대상지역은 중국의 동부와 일본의 서부 일부를 포함한 지역의 규모와 남한지역만을 포함한 지역의 규모로 구분하여 모형을 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

가스성분 중 $\text{HNO}_3+\text{HNO}_2$ 의 건식침적량을 산정하기 위해 WSS와 DDP의 채취시간이 동일한 시료에 대한 각각의 질소산화물 건식침적량 결과를 낮과 밤시간대로 구분하여 $\text{HNO}_3+\text{HNO}_2$ 의 건식침적량과 함께 표 1 정리내었다. 낮시간대의 경우 WSS로 측정된 총건식침적량의 전체 평균은 $1.89\pm 1.14 \text{ mg/m}^2 \text{ day}$ 로 나타났다. 또한 DDP에 의해 측정된 입자상물질의 건식침적량은 $1.13\pm 0.71 \text{ mg/m}^2 \text{ day}$ 로 나타나 $\text{HNO}_3+\text{HNO}_2$ 의 건식침적량은 $0.50\pm 0.55 \text{ mg/m}^2 \text{ day}$ 로 계산되었다. 밤시간대의 경우는 WSS와 DDP의 채취량이 각각 $0.80\pm 0.59, 0.43\pm 0.39 \text{ mg/m}^2 \text{ day}$ 로 나타나 $\text{HNO}_3+\text{HNO}_2$ 의 건식침적량은 $0.24\pm 0.37 \text{ mg/m}^2 \text{ day}$ 로 계산되어 $\text{HNO}_3+\text{HNO}_2$ 의 건식침적량의 경우는 낮시간이 밤시간보다 약 2배 높은 침적량을 나타내었다. 밤시간의 경우는 낮시간에 비해 질산(HNO_3)과 아질산(HNO_2) 및 기타 질소산화물의 대기 중 농도가 낮아지기 때문인데 이는 질산의 생성메카니즘은 광화학 등에 의해 대기 중의 NO_2 와 $-\text{OH}$ 라디칼기가 반응하여 질산을 형성하기 때문이다. 그러나 밤시간대의 경우 대기중에 NO_2 와 NO_3 의 농도가 충분히

존재하면 이들의 반응에 의해 N_2O_5 를 생성시킨다. 그리고 다시 가수분해반응을 거쳐 질산을 형성하며 최종적으로 질산암모늄 혹은 알칼리성 토양입자와 결합된 형태의 질산염을 형성하게 되는데 그로 인해 낮이 밤보다 2배 이상 높은 침적량을 나타낸 것으로 판단된다. 따라서 밤시간의 질소산화물의 침적량은 입자상의 영향이 큰 것으로 나타났다. 그러나 낮시간의 질소산화물의 침적량 또한 입자상의 영향이 큰 특징을 나타내었다.

Table 1. Dry deposition fluxes for HNO_3 and HNO_2 measured at sampling site

unit : mg/m^2 day)							
Daytime	Water surface	DDP	Gaseous	Nighttime	Water surface	DDP	Gaseous
	NO_3^- flux (mg/m^2 day)	NO_3^- flux (mg/m^2 day)	(HNO_3+HNO_2) Flux (mg/m^2 day)		NO_3^- flux (mg/m^2 day)	NO_3^- flux (mg/m^2 day)	(HNO_3+HNO_2) Flux (mg/m^2 day)
99/9/1	1.45	0.45	0.66	99/8/17	0.85	0.58	0.18
10/18	2.68	1.64	0.68	8/31	0.53	0.29	0.16
11/16	1.80	1.25	0.36	10/18	1.37	1.36	0.00
11/30	3.06	2.72	0.23	11/16	0.21	0.21	0.00
12/29	1.97	1.17	0.53	11/30	1.77	0.03	1.14
00/1/4	2.93	1.39	1.01				
3/10	0.82	0.57	0.17				
3/21	2.71	2.03	0.45				
6/15	1.13	0.91	0.15	00/6/15	1.49	0.50	0.65
6/28	1.03	0.68	0.23	6/28	0.96	0.65	0.20
7/26	4.25	0.97	2.16	7/26	0.49	0.41	0.05
8/29	0.77	0.49	0.18	8/29	0.36	0.28	0.05
9/28	1.88	1.55	0.22				
11/24	0.00	0.00	0.00	11/24	0.00	0.00	0.00
avg	1.89	1.13	0.50	avg	0.80	0.43	0.24
sd	1.14	0.71	0.55	sd	0.59	0.39	0.37

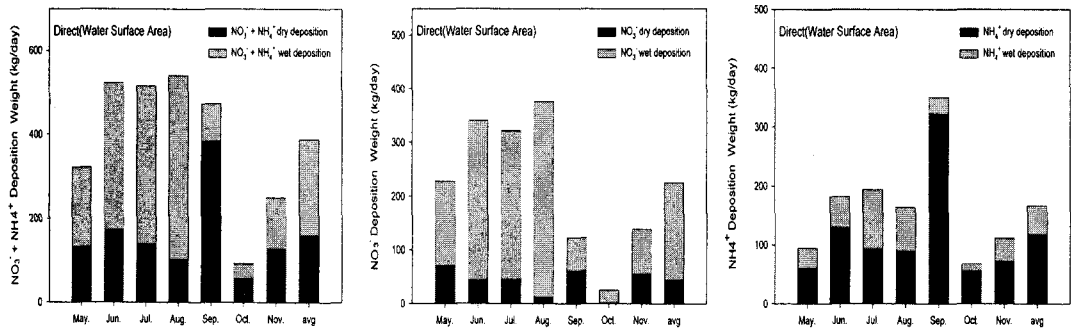


Fig. 1. Amount of monthly wet and dry deposition fluxes at sampling site.

주암호의 수표면적과 유역면적으로 침적되는 NO_3^- 와 NH_4^+ 건식 및 습식의 대기침적량을 그림 1에 나타내었는데 건식침적량은 2000년 5월부터 11월까지의 기간 동안 DDP와 WSS를 이용하여 측정된 NO_3^-

와 NH_4^+ 의 침적량 결과를 도시하였다. 건식과 습식침적을 모두 고려할 경우의 침적량을 살펴보면 NO_3^- ($222.36 \text{ mg/m}^2 \text{ day}$)의 침적량이 NH_4^+ ($166.38 \text{ mg/m}^2 \text{ day}$)보다 약 1.3배 높은 침적량을 나타내었다. 또한 NO_3^- 경우는 습식침적이 건식침적의 약 4배 높은 침적량을 나타내어 NO_3^- 의 침적량은 습식침적의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 그리고 NH_4^+ 의 경우는 건식침적이 습식침적보다 약 2.5배 높게 나타나 NH_4^+ 의 침적량은 건식침적의 영향이 더 크게 나타났다.

WSS에 의해 채취된 NH_4^+ 의 침적량 결과를 PSCF 모형에 적용하여 그 결과를 그림 2에 나타내었다. NH_4^+ 침적에 대한 잠재적 오염원의 위치는 지역적 규모의 경우 상하이 공업지역을 중심으로 오염원이 집중된 것으로 나타나 주암호 지역의 NH_4^+ 침적량은 중국의 상하이 공업지역의 영향이 클 것으로 판단된다. 또한 국지규모에서는 여천공단으로 주암호에 인접한 지역까지 연결되는 지점에서 오염원이 다소 분포하고 있는 것으로 나타났으나 대부분의 오염원은 노령산맥과 소백산맥이 가로지르고 있는 지리산 국립공원이 위치한 전주지역의 동남쪽으로부터 주암호까지 이어지는 북부지역에 걸쳐 오염원이 주로 분포하고 있는 것으로 나타났다.

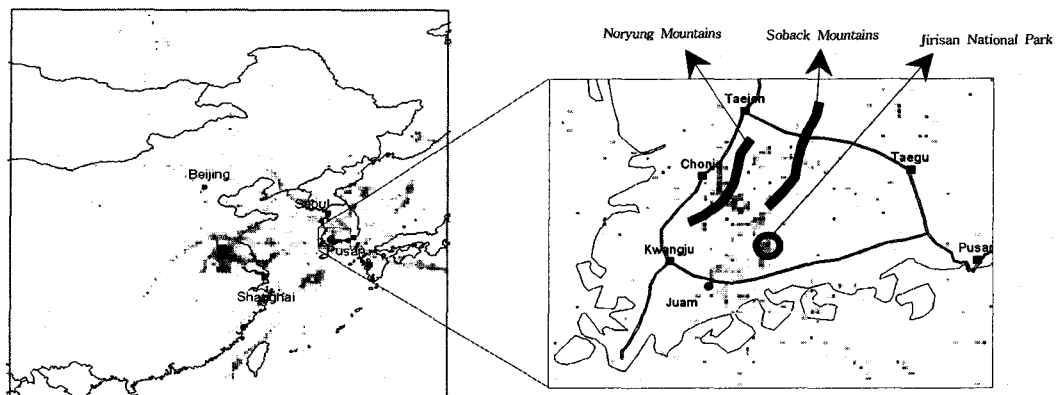


Fig. 2. Results of likely source areas impacting the NH_4^+ dry deposition flux measured with WSS.

참고문헌

- U.S. EPA (2000) Deposition of air pollutants to the Great Waters: Third report to congress, EPA-453/R-93-055.
- 정장표, 장영환, 이승묵, 전의찬, 신상철, 장남익 (2000) 주암호 지역의 대기건식침적 특성에 관한 연구, 한국대기환경학회 2000 춘계학술대회 논문집. pp. 97-99, 2000.
- 장영환 (2004) 「상수원에 대한 대기침적의 영향과 잠재적 오염원의 규명」, 경성대학교 대학원 박사학위논문.