

산림 지역 내 강우 산도 및 화학적 조성의 지역간 비교 - 서울 남산과 강원도 평창을 중심으로 -

김홍률¹ · 주영특² · 김영채¹ · 이상덕² · 임홍우¹

¹경희대학교 생태시스템공학과/생명자원과학연구원, ²강원대학교 산림자원보호학과

Regional Variation in the Acidity and Chemical Compositions of the Precipitation inside the Forest Area: Centering around the Mt. Nam, Seoul and Pyeongchang, Kangwon Province

Hong-ryul Kim¹, Yeong-Teuk Joo², Young-Chai Kim¹, Sang-Deok Lee² and Hong-Woo Lim¹

¹Dept. of Ecosystem Engineering/Inst. of Life Science & Resources, Kyunghee University,

²Dept. of Forest Resources Protection, Kangwon National University

1. 서론

산업사회의 급속한 발전에 따른 인위적인 환경오염 중에서 강우의 산성화에 의한 자연환경 및 생태계의 심각한 문제로 대두되고 있다. 이와 같이 대기 중에 부유하면서 직접적인 피해를 주기도 하지만 수분과 결합, 응결하여 비 또는 눈 등의 강수현상에 의하여 낙하(rainout)하거나, 세정 작용(washout)으로써 강수 내 화학성분의 변화를 초래한다고 하였다(박종길과 황용식, 1997). 특히, 도시지역의 산성우 문제는 심각하여 점차 그 산성화의 차이가 산림지역과 비교해 볼 때 현저하다고 할 수 있다. 또한 산림생태계의 물질 순환 규명 뿐 만 아니라 산림환경 변화를 예측하기 위해서는 강수에 포함되어 있는 용존원소의 특성을 구명할 필요가 있다. 현재 도시지역과 그 이외의 지역에서 측정되고 있는 강우에 대한 연구는 지속되고 있으나, 도시와 산림 지역간 강우의 산성화 정도나 화학적 조성의 비교는 이루어지고 있지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 대도시 내 산림 지역과, 이에 비해 오염원이 비교적 적어 오염도가 낮다고 가정한 산림지역으로 인위적인 환경 영향을 거의 받고 있지 않는 청정지역을 대상으로 임외우와 수관통과우의 산성도와 화학적 조성을 분석 비교하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1. 조사지 개황

대기오염물질이 많은 도시의 산림과 비교적 오염물질의 배출원이 적은 산림지역으로 나누어 조사지를 선정하였다(Table 1).

먼저 도시지역은 서울의 중심부에 소재하는 남산지역(용산구 후암동, 위도 37°22', 경도 126°73')의 해발 180m 정도의 북서사면을 강우채취장소로 선정하였다. 서울지역은 평균 기온 11.8℃, 강수량 1,370mm으로, 조사지역은 소나무와 아까시나무, 신갈나무 등의 침활혼효림이나, 이 중 소나무 군락지를 대상으로 조사를 수행하였다.

강원도 평창군 방림지역(위도 37°22', 경도 128°22')은 연평균 기온 10.5℃, 강수량 1,287mm로

Table 1. General description of sampling sites

Location	Species	Age (yr)	DBH* (cm)	Height (m)	Density (No./ha)	Altitude (m)	Aspect
Mt. Nam, Yongsangu, Seoul	<i>Pinus densiflora</i>	69~83	48.3 (9.6)	8.4 (2.2)	165	180	NW
Bangrim, Pyungchang, Kangwon Province	<i>Pinus densiflora</i>	43~49	31.4 (3.5)	7.4 (1.5)	349	560	SW

* : Diameter at breast height

인근에 소규모의 농경지가 존재하고 주변이 해발 400~850m의 산지 지형으로 이루어진 산촌지역으로서 소나무와 낙엽송, 참나무류 등으로 구성된 해발 560m의 산림지역이다. 조사지로 선정된 지점은 보안림으로 지정되어 훼손정도가 거의 없는 소나무 단순림 지역이다.

2. 2. 시료 채취 및 분석

임외우의 채취는 조사대상지의 산림과 인접한 나지에 poly-bucket(20ℓ) 용기를 지면으로부터 약 1.0m 높이에 설치하여 빗물을 채수하였다. 임외우의 채취 장소는 3개 지역 4개 지점 모두 반경 30m 이상 소개된 지역을 선택하였다. 수관통과우는 조사대상 지역 각 3개 지점에 각 3개소씩 정하여 총 18개를 설치하였다. 채취 용기의 설치 시에는 빗물이 지면에 떨어지는 충격에 의한 이물질의 용기내 유입을 막기 위하여 지면에서 0.5m 이상 높이로 설치하였다.

채취된 강우는 채취 즉시 실험실로 운반하여 산성도를 측정하였다. 이때 산성도를 측정하기 전 불순물질을 제거하기 위하여 filter paper(Toyo Roshi Kaisha, No. 5C-110mm)로 1차 2회 여과 전처리한 후 pH meter(Bench top pH meter, HANNA Instrument Inc.)를 이용하여 3회 반복 측정하고 이를 산술평균하여 pH값으로 취하였다.

pH를 측정한 시료는 1개월 단위로 수용성이온을 분석하였으며, 분석직전 시료를 0.45 μ m filter(Whatman)로 2차 여과하였다. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Al³⁺ 등의 양이온은 Atomic absorption Spectrophotometer(Z8230, HITACHI)로, NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻ 등의 음이온은 Ion Chromatography(DX-120, DIONEX)를 이용하여 측정 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1. 지역간 pH의 비교

pH 값은 산림내 이온동태에 있어서 직, 간접적으로 중요한 영향을 미치고 있는데, 서울과 평창 등에서 나타난 임외우와 수관통과우의 평균 pH 값의 변화를 보면 다음과 같았다. 임외우의 경우는 서울이 pH5.04, 평창이 pH5.57의 값을 보였다. 그리고 수관통과우는 서울이 pH4.79, 평창지역은 pH5.25로 나타났다. pH 값의 변화는 임외우의 pH 값의 변화에 따라 수관통과우도 변화하는 양상을 나타내고 있었다.

Table 2. Regional variation of average pH value in the open precipitation and the throughfall

Research sites	Open precipitation	Throughfall
Mt. Nam, Yongsangu, Seoul	5.04±0.47	4.79±0.34
Bangrim, Pyeongchang, Kangwon Province	5.57±0.49	5.25±0.48

3. 2. 지역간 화학적 조성의 비교

서울과 평창 지역 강우의 화학적 조성의 변화를 임외우와 수관통과우로 구분하여 비교한 결과 그 변화가 수관통과우에서 크게 나타나는 이온은 각 지역에서 한 두 가지로 나타났으며, 대부분의 지역에서는 이온농도의 변화량에 큰 차이를 보이지 않았다. 특히 서울지역은 양이온과 음이온 모두 이온농도의 변화가 다른 지역에 비하여 크게 나타나는 경향을 보이고 있어, 대기의 오염도가 큰 것으로 나타났다. 각 지역의 임외우와 수관통과우의 이온농도는 각 지역 모두 양이온에서 Ca^{2+} 과 NH_4^+ 이 가장 높았으며, 음이온에서는 SO_4^{2-} 이온농도가 가장 높은 결과를 보였고, 그 외의 Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 등의 미량 이온의 경우는 조사지역마다 농도 차이가 있어 강우의 화학적 조성이 지리적 조건에 의한 차이가 있는 것을 알 수 있었다. 수관통과우의 이온농도는 전체적으로 모든 지역에서 임외우보다 증가하는 양상을 나타내고 있었다. 이는 수관통과우가 임목의 표면에 집적되어 있는 대기 강하물이 세탈되었거나,엽내 양료의 용탈로 인한 수관통과우의 화학적 조성이 변화되는 것으로 판단할 수 있었다.

Table 3 Regional variation of the ion concentrations in the open precipitation and throughfall

Research sites		(unit : meq/L)							
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
Mt. Nam, Yongsangu, Seoul	PR	0.52	0.15	0.18	0.23	0.25	0.28	0.52	0.63
	TFPd	0.68	0.24	0.25	0.28	0.36	0.42	0.62	0.79
Bangrim, Pyeongchang, Kangwon Province	PR	0.20	0.08	0.11	0.16	0.07	0.15	0.19	0.27
	TFPd	0.31	0.14	0.19	0.18	0.17	0.21	0.25	0.36

PR : open precipitation

TFPd : throughfall in *Pinus densiflora* stand

TFPPr : throughfall in *Pinus rigida* stand