

제주도 교래휴양림 지역의 대기질의 음이온 및 양이온의 분포와 변이성

신방식¹, 임동호¹, 이근광^{1,2*}

¹동방문화대학원대학교 자연치유학과, ²고구려대학교 피부미용학과

Variation and Distribution of Anions and Cations in the Aerosols of Gyorae Forests in Jeju Island

Sin Bangsik¹, Im Dongho¹, Lee Keun Kwang^{1,2*}

¹Dept of Naturopathy, Dongbang Culture Graduate University

²Dept. of Skin and Beauty Arts, Goguryeo College

요약 본 연구는 교래자연휴양림 지역을 A와 B 지역으로 나누어서 대기질의 음이온과 양이온수를 측정하여 일별 그 분포와 변이에 대한 연구가 목적이었다. 이온수 측정은 이온수 측정기로 2017년 6월 28일-7월 13일 사이에 실시하였다. A지역의 5개 지점의 전체 평균 음이온수는 734.5 ions/cm³, 양이온 수는 463.3 ions/cm³, 대기온도는 25.51°C, 습도는 81.6%, 풍속은 0.28 m/sec, 해발 고도는 455.7 m 이었다. B지역의 4개 지역 전체 측정된 평균 음이온수는 780 ions/cm³, 양이온수는 379.55 ions/cm³, 대기온도는 27.6°C, 습도는 80%, 풍속은 0.1 m/sec, 측정지역의 해발고도는 477 m 이었다. 교래지역 A와 B전체의 음이온수의 평균치는 757.5 ions/cm³, 양이온수의 평균치는 419.41 ions/cm³이었다. 이온의수는 시간별로 측정별로 변이성이 높았다. 음이온수가 양이온수보다 평균 275.73 ions/cm³ 만큼 더 높게 유지되었다. A와 B점의 음이온과 양이온수의 측정치를 Pearson 분산분석에서는 음이온 측정지점별 및 측정지점 내의 분석이 유의하게 나타났으며(p<.001), 양이온의 측정지점별 및 측정지점 내의 분석에서도 유의하게 나타났다(p<.001). 음이온과 양이온수의 지역별 평균측정치 간의 상관관계분석에서 r=.386으로 유의한 정적인 상관관계가 있었다(p<.001). 결론적으로 상기 음이온과 양이온 함량의 시간적 분포와 변이를 나타낸 결과는 교래자연휴양림의 대기질의 성분과 변화에 대한 기초정보를 제공하고 있다고 본다.

Abstract This study was conducted to investigate the distribution and variation of the anion and cation number of aerosols in the A and B regions of Gyorae forests. Ions were measured using an ion number meter between 28 June and 13 July 2017. The total average number of anions and cations were 735 ions/cm³ and 459.27 ions/cm³, respectively, which were measured at five sites in A area at average temperature of 27.81°C, wind speed of 0.28 m/sec, and altitude of 455.7 m. The average number of anions and cations were 780 ions/cm³ and 379.55 ions/cm³, respectively, which were measured at all four sites in the B region at average temperature of 27.6°C, humidity of 80%, wind speed of 0.1 m/sec and altitude of 477 m. The number of anions and cations in the A and B regions was 757.5 ions/cm³ and 419.41 ions/cm³, respectively. The number of ions was highly variable for each measurement over time. The number of anions remained 275.73 ions/cm³ higher than that of cations. The variance of the measured values of anions and cations between and within sites A and B was significant (p<.001) and there was a significant positive correlation between regional mean values of anions and cations. In conclusion, the temporal distribution and variation of the ion content in the Gyorae forests provide basic information regarding aerosol compositions and changes.

Keywords : anion, cation, aerosol, Gyorae forest, forest

*Corresponding author : Keun Kwang Lee(Koguryeo College)

Tel: +82-10-3651-1943 E-mail: kkle7411@hanmail.net

Received April 4, 2018

Revised (1st April 24, 2018, 2nd June 5, 2018, 3rd June 14, 2018)

Accepted July 6, 2018

Published July 31, 2018

1. 서론

한라산의 남쪽과 북쪽의 사면은 경사진 계곡이 발달해서 물살이 급하다. 그러나 동쪽과 서쪽의 사면은 계곡이 완만하여 꽃자왈이 분포가 많은 지역이다. 꽃자왈은 자갈과 덩굴나무 등으로 이루어져서 지하수 함량에 영향을 주고 있다[1].

제주지역은 한라산을 중심으로 삼림이 우거져서 많은 피톤치드를 방산하며, 또한 꽃자왈 숲이 우거져서 대기 중에 휘발성 물질이 방산되고 있다. 제주도에는 꽃자왈 지대를 크게 나누어서 애월꽃자왈, 한경-안덕꽃자왈, 조천꽃자왈과 구좌꽃자왈 지대로 구분하고 있다[1, 2]. 이곳에는 상록활엽수와 낙엽활엽수 등이 우거져있으며 자연에 피톤치드를 방산하고 있다.

피톤치드는 식물이 대기 중에 방사하는 방어용 화학 물질이며, 항균, 탈취 등 다양한 기능을 가진 휘발성 물질이다[3]. 피톤치드는 산림에서 분비되는 휘발성인 테르펜류, 알칼로이드, 플라보노이드, 페놀성 물질 등을 총체적으로 ‘피톤치드’라 한다[4].

제주의 절물휴양림에 서식하는 삼나무 길에서 측정된 피톤치드의 일일 평균 생산량은 1,011~ 1,087 pptv 이었고, 계절별로는 여름철에는 일일 최대 1,500 pptv가 분포되었고, 대기 중의 계절별 분포 비는 여름>가을>봄>겨울 순으로 나타났고, 하루 중에는 오전 12~14시에 높게 분포되었다. 대기 중의 분포된 피톤치드의 성분은 삼나무가 있는 지역은 음이온성인 sabinene, 구상나무가 있는 지역은 d-limonene, 활엽수가 있는 지역은 α -pinene 성분이 주로 분포되었다[5].

서귀포휴양림의 활엽수 지역의 피톤치드 분포량은 304~324 pptv, 편백나무 숲에서는 983 pptv가 측정되었다. 하절기는 편백나무 숲에서는 1,441 pptv가 측정되었고, 가을은 1,073 pptv, 봄에는 897 pptv, 겨울엔 520 pptv가 측정되었다. 검색된 피톤치드 성분은 편백나무 숲은 음이온인 sabinene(25%), d-limonene(20%) 등이 분포되었다[6].

제주도는 대기질 및 대기화학의 연구에 매우 적합한 섬이다. 지리적으로 육지에서 떨어져있고, 화산으로 생긴 섬이며, 공업지역이 아니기 때문에 적합성이 높게 평가되는 지역이다. 제주도의 대기질에는 음이온과 양이온 등이 혼재하는 것으로 보고되었다[7, 8]. Carmichael *et al.*[7]은 1992-1993년도 제주도에서 채취한 대기질의

연간 평균 측정에서 sulfate (SO_4^-), nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), natrium (Na^+), potassium (K^+), magnesium(Mg^{++}), calcium (Ca^{++}), chlorine (Cl^-) 등으로 음이온과 양이온이 검출되었다고 보고하였다. 계절별로 함량이 다양하게 변이성이 높았다고 판단하였다.

Carmichael *et al.*[8]은 제주도에서 1992-1995년도까지의 측정에서는 sulfate, natrium, nitrate, ammonium, potassium, calcium, magnesium, chlorine 등의 음이온과 양이온이 검출되었다고 보고하였다. 대기질의 농도는 표집시간과 장소에 따라서 변이성이 높았고, 계절적으로도 변이성이 높게 나타났었다고 하였다. Chen *et al.*[9]은 1992-1995년 사이 3년간을 매일 측정된 제주지역 대기질에는 sulfate, nitrate, ammonium, natrium, potassium, calcium, magnesium, chlorine 등으로 음이온과 양이온이 검출되었다고 보고하였다. 각 성분은 계절적으로 순환하는 듯 했으며, ammonium, sulfate, nitrate, potassium, calcium 등의 농도는 특히 봄철에 높게 측정되었으며. 반면에 chlorine 농도는 10%정도 낮게 측정되었다고 하였다. 대기질이 높게 측정된 물질들은 일부 중국 중부에서 유래된 것으로 추정하였다.

Lim *et al.*[10]은 제주도 고산지역에서 2007-2008년에 걸쳐서 조사한 일일 평균 미세먼지 함유량은 PM1.0은 $13.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5는 $17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10은 $28.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 측정치가 나타났으며, 미세먼지에는 다량의 유기탄소 성분과 음이온과 양이온 물질이 검출되었다. 또한 Song *et al.*[11]도 미세먼지 PM₁₀과 PM_{2.5} 크기의 미세먼지를 채취하여 유사한 결과를 발표하였다. Kim *et al.*[5, 6]은 2011년도 제주도 절물휴양림 지역과 서귀포휴양림지역의 대기질을 측정하여 SO₂와 NO₂가 0.1 ppb가 검출되었고 CO ppm이 측정되었다.

제주지역에서 이상의 연구들이 1991~1995 사이의 월 단위 또는 연단위의 거시적인 측정과 분석을 다년간 하였다. 하루 또는 일별 동안의 대기질의 변이에 대해서 분석이 미비한 점이 있다. 2017년도의 대기질의 현황에 대한 연구도 필요한 시점이다.

본 연구는 교래자연휴양림 지역을 A와 B 지역으로 설정해서 일간 별에 따른 대기질의 음이온과 양이온 수를 측정하여 그 분포와 함량의 변이에 대한 연구를 하는 것이 목적이었다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구 대상 지역과 기간

연구대상지역은 제주도내의 교래자연휴양림 지역을 대상으로 조사를 하였다(Fig. 1).

연구기간은 2017년 6월28일 - 7월 20일 사이에 집중적으로 실시하였다. 교래자연휴양림지역의 생태관찰로 (약 1.5 km)에서 야외교실 지점의 5개 지점과 오름관찰로 (약 2 km)를 따라 가면서 야외교실 지점 4개 지점에서 음이온과 양이온 측정 지역의 분포는 Fig. 1에 제시하였다.



Fig. 1. Map of the walking roads and the sites of ion measurement in the Gyorae forest. A course: 5 sites(A1 : field lecture room(rm)-1, A2(rm-2), A3(rm-3), A4(rm-4) & A5(rm-5) are on the ecological observation road about 1.5 km for ions measuring. B course: 4 sites(B1: field lecture room-1), B2(rm-2), B3(rm-3) & B4 (rm-4) are on the Oreum observation road about 2 km for ions measuring[12].

2.2 대기질 측정기기

대기질의 음양이온수를 파악하기 위해 대기이동 측정차량(API 100~400, Teledyne; BAM 1020, Met one, USA)을 이용하였다. 제주도 전 지역의 휴양림 중심으로 측정하였다. 대기질 조사 항목은 종합적으로 대기질 중의 음이온과 양이온수를 2~3일에 걸쳐 조사 자동 기록하였다. 측정기기의 성능은 공기유량 200 cm³/s(선속도 40/ 초), 이온수집효율 65% (100 %로 환산하여 이온수를 표시), 입력저항 50 GΩ, 측정범위 10~2 x 10⁶ ions/cm, 측정검출 시간 약 10초, 전원 9V 알칼리전지 1개, 중량 약 500 g, 규격 160 x 90 x 58 mm 이다. 측정샘플은 회사에서 공급하는 것을 사용하였으며, 측정 방법은 회사의 지침대로 실시하였다

2.3 통계분석

통계처리는 SPSS/WIN 통계프로그램 22.0을 활용하였으며 분석방법은 평균차이 검증인 One way ANOVA를 사용하였으며, 변수간의 관계는 단순상관관계분석(Pearson's Correlation Analysis)으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 교래 A지역의 이온함량 측정결과

교래자연휴양림 내의 “생태관찰로” 약 1.5 km 거리에 A지역 5개 지점에서 측정된 결과는 Table 1, Fig. 2와 3에 제시하였다. A지역의 5개 지점에서 2017년 6월 28일부터 7월 13일 사이 6일간에 측정된 전체 평균 음이온(anion)수는 734.5 ions/cm³, 양이온수는 463.3 ions/cm³이었으며, 대기온도는 25.5℃, 습도는 81.6%, 풍속은 0.28 m/sec, 측정 지역의 해발 고도는 455.7 m이었다

3.1.1 A1지점의 음양이온수의 함량

A1지점의 음이온수 측정치의 변화는 6월 28일 11:30 시경에는 519 ions/cm³이었고, 7월 5일 09:28 시경 측정치는 665.5 ions/cm³로 증가하였고, 7월 13일에는 909.75 ions/cm³로 390.75 ions/cm³로 증가하였다(Table 1, Fig. 2 & 4-A1). 6차 측정치의 평균치는 689.88 ions/cm³이었다.

A1지점의 양이온수의 평균치는 6월 28일 11:30 시경에는 326 ions/cm³이었으나 7월 5일에는 09:28 시경에는 341 ions/cm³로 감소하는 경향이 나타났으나, 7월 7일에는 800.75 ions/cm³로 증가하였다(Table 1, Fig. 3 & 4-A1). 6차 측정치의 평균치는 538.96 ions/cm³이었다.

오전의 음이온수의 함량이 양이온 보다 150.92 ions/cm³이 더 높게 측정되었고, 음이온수의 변동 폭은 519~909.75 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 326~828.25 ions/cm³으로 나타났다. 7월 5일부터 7월 7일간은 매일 오전 중 09:30부터 09:50분 사이에 측정을 하였는데 음이온수의 변화는 665, 562, 854 ions/cm³로 변하여 음이온수의 함량은 측정일과 시점에 따라서 수시로 이온수가 변화하는 것을 알 수가 있었다. Carmichael *et al.*,[7, 8]은 1992년경에 제주도를 중심으로 한반도 남쪽, 일본 규슈 및 중국의 황해권을 아우르는 지역의 조사에서 측정된

대기질의 조사에서 이온수의 함량이 주별 또는 계절별로 변이성이 높다고 한 것과 유사하며, 본 연구에서는 교래 자연휴양림 지역에서 일별 유사 시간대에 변이를 연구한 것이 차이가 있다. 측정일의 풍속은 0.16 m/sec로 잔잔하여 보이나 꽃자왈 숲의 대기질은 바람의 영향으로 함량의 수가 증가하고 분산도 많이 되는 것으로 판단한다.

3.1.2 A2지점의 음양이온수의 함량

A2지점의 음이온수의 측정치의 변화는 6월 28일 12:10 시경에는 614 ions/cm³ 이었고, 7월 5일 09:43 시경 측정치는 550.25 ions/cm³로 감소하였고, 7월 7일에는 1207.8 ions/cm³로 증가하였고, 7월 13일에는 649.5 ions/cm³ 으로 감소하는 경향을 보였다(Table 1, Fig. 2 & 4-A2).

A2지점의 양이온수의 평균치는 6월 28일 12:10 시경에는 389 ions/cm³ 이었으나 7월 5일에는 09:43 시경에는 228 ions/cm³로 감소하는 경향이 나타났으나, 7월 7일에는 898.25 ions/cm³ 로 증가하였다(Table 1, Fig. 3 & 4-A2). 6차 측정치의 평균치는 471.62 ions/cm³ 이었다.

오전시간대에 평균 음이온수의 함량이 양이온 보다 328.6 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었고, 음이온수의 변동 폭은 614 ~ 1207.8 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 228 ~ 898.25 ions/cm³ 이었다. 음양이온수 함량은 측정일과 시점에 따라서 수시로 이온의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다. 다른 연구에서도 유사하게 변이성이 높다고 하였으며[10, 12], 꽃자왈의 산림이 더 짙어지는 7월 이라 함량의 수가 증가와 분산이 높다고 판단한다.

3.1.3 A3지점의 음양이온수의 함량

A3지점의 음이온수의 측정치의 변화는 6월 28일 12:53 시경에는 714 ions/cm³ 이었고, 7월 5일 10:10 시경 측정치는 498 ions/cm³로 감소하였고, 7월 7일에는 1029.2 ions/cm³로 증가하였고, 7월 13일에는 617.25 ions/cm³ 으로 감소하는 경향을 보였다(Table 1, Fig. 2 & 4-A3).

A3지점의 양이온수의 평균치는 6월 28일 12:53 시경에는 479.33 ions/cm³ 이었으나 7월 5일에는 10:10시경에는 162.75 ions/cm³로 감소하는 경향이 나타났으나, 7월 7일에는 730.25 ions/cm³ 로 증가하였다(Table 1, Fig. 3 & 4-A3). 6차의 측정치의 평균치는 403.51 ions/cm³ 이었다.

총 평균 음이온수의 함량이 양이온수 보다 242.32 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었다. 음이온수의 변동 폭은 498 ~ 1029.2 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 150 ~ 730.25 ions/cm³ 이었다. 음양이온수의 함량은 측정일과 시간에 따라서 수시로 이온수의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다.

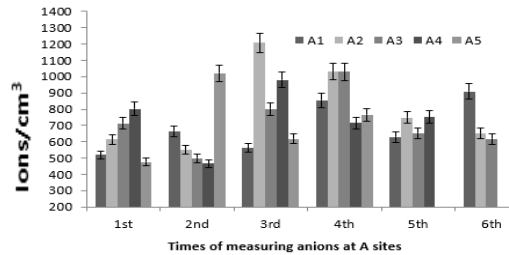


Fig. 2. Timely variations of anion numbers at A sites.

The T symbols are the standard deviation ranges. Average SD of each sites: A1: 144.544, A2: 238.715, A3: 182.535, A4: 165.955, A5: 201.293 ions/cm³.

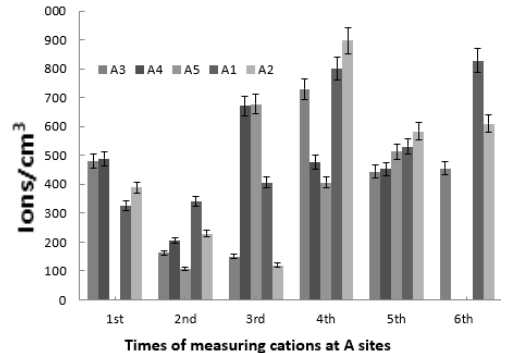


Fig. 3. Timely variations of cation numbers at A sites. The T symbols are the standard deviation ranges.

3.1.4 A4지점의 음양이온수의 함량

A4지점의 5차에 걸쳐서 측정된 음이온수의 함량의 측정치의 변화는 6월 28일 13:37 시경에는 802 ions/cm³ 이었고, 7월 5일 10:48 시경 측정치는 465.75 ions/cm³로 감소하였고, 7월 7일에는 715.75 ions/cm³로 증가하는 경향을 보였다(Table 1, Fig. 2 & 4-A4).

A4지점의 양이온수의 평균치는 6월 28일 13:37 시경에는 489 ions/cm³ 이었으나 7월 5일에는 10:48 시경에

Table 1. Summary of mean values of ions & items measured at Gyorae forest - A sites

Sites/ times	Period	Freq	Mean (ion no./cm ³)			Mean Temp (°C)	Mean Humidity (%)	Mean Wind velocity (m/sec)	Mean Altitude (m)	Date tested
			anion	cation	deviation					
A1-1st	11:30-11:50	4	519.0	326	193	22.00	85.0	0	452	6. 28
A1-2nd	09:08-09:28	4	665.5	341	324.5	26.65	77.5	0	424	7. 5
A1-3rd	09:20-09:40	4	562.0	407	155.0	25.60	81	0	415	7. 6
A1-4th	09:31-09:39	4	854.5	800.75	53.75	26.12	74.75	0.57	444	7. 7.
A1-5th	10:32-10:41	4	628.5	530.75	97.75	25.85	88.75	0.4	477	7. 10
A1-6th	09:25-09:33	4	909.75	828.25	81.5	25.5	76.0	0	427	7. 13
Mean			689.88	538.96	150.92	25.28	80.5	0.16	439.8	
A2-1st	11:59-12:10	4	614	389	225.0	21.9	90	0	464	6. 28
A2-2nd	09:36-09:43	4	550.25	228	322.25	26.25	80.25	0	435	7. 5
A2-3rd	09:43-09:51	4	1207.8	120.2	1087.7	25.05	68.75	0	448	7. 6
A2-4th	09:47-09:56	4	1031.0	898.25	132.75	26.45	70	0.62	446	7. 7
A2-5th	10:50-10:59	4	748.75	583.75	165	25.4	94.25	0	476	7. 10
A2-6th	09:43-09:51	4	649.5	610.5	39	25.27	83	0	455	7. 13
Mean			800.22	471.62	328.6	25.05	81.04	0.10	454	
A3-1st	12:28-12:53	4	714	479.33	234.67	21.1	93.667	0	464	6.28
A3-2nd	09:50-10:10	4	498	162.75	335.25	26.1	84	0	444	7. 5
A3-3rd	10:58-11.10	4	801	150	651	29.2	68	0	447	7. 6
A3-4th	10:16-10:25	4	1029.2	730.25	298.95	26.6	74.5	0	457	7. 7
A3-5th	11:13-11:21	4	652.25	444	208.25	25.5	95	0.475	456	7. 10
A3-6th	9:57-10:06	4	617.25	454.75	162.25	25.8	83.25	0	458	7. 13
Mean			718.62	403.51	242.32	25.72	83.07	0.08	454.3	
A4-1st	13:15-13:37	4	802	489	313	22.5	85.333	0	452	6. 28
A4-2nd	10:38-10:48	4	465.75	204.5	261.25	26.15	81	0	456	7. 5
A4-3rd	11:38-11:48	4	980.75	672	308.75	26.85	76.5	0.225	470	7. 6
A4-4th	11:35-11:44	4	715.75	476	239.75	25.025	96.75	0.15	477	7. 7
A4-5th	11:35-11:45	4	752.5	540	212.5	26.725	73.5	0.45	470	7. 10
Mean			743.35	476.3	267.05	25.45	82.62	0.17	465	
A5-1st	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6. 28
A5-2nd	11:27-11:37	4	476.75	105.7	371.05	26.475	81	0	453	7. 5
A5-3rd	12:18-12:28	4	1020.5	677.75	342.75	26.9	72.25	0.475	469	7. 6
A5-4th	12:06-12:15	4	617.75	407	210.75	24.525	97	0.075	469	7. 7
A5-5th	12:13-12:25	4	766.75	513.5	253.25	26.675	72.75	0.1	470	7. 10
Mean			720.4	425.9	294.5	26.14	80.75	0.16	465.25	
Total averages		108	734.5	463.3	271.12	25.5	81.6	0.28	455.7	

Abbreviations: Freq: frequency, tem p: temperature, ND: not done, DEV: deviation =anion No.-cation No.

는 204.5 ions/cm³로 감소하는 경향이 나타났으나, 7월 10일 11:45 시경에는 476 ions/cm³로 변화하였다(Table 1, Fig. 3 & 4-A4). 5차 측정치의 평균치는 476.3 ions/cm³이었다.

평균 음이온수의 함량이 양이온수 보다 267. ions/cm³이 더 높게 측정되었다. 음이온수의 변동 폭은 465 ~ 980 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 204 ~ 672 ions/cm³이었다. 음양이온수 함량은 측정일과 시간에 따라서 수시로 이온의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다.

3.1.5 A5지점의 음양이온수의 함량

A5지점의 4차에 걸쳐서 측정한 음이온수 함량의 측정치의 변화는 6월 28일에는 측정을 하지 못하였다. 7월

5일 11:37 시경에는 476.75 ions/cm³ 이었고, 7월 6일 12:28 시경 측정치는 1020.5 ions/cm³로 증가하였고, 7월 10일에는 766.75 ions/cm³로 감소하는 경향을 보였다 (Table 1, Fig. 2 & 4-A5).

A5지점의 양이온수의 평균치는 6월 28일에는 측정을 못하였다. 7월 5일 11:37 시경에는 105.7 ions/cm³이 었으나 7월 6일에는 12:28 시경에는 677.75 ions/cm³로 증가하는 경향이 나타났으나, 7월 10일 12:25 시경에는 513.5 ions/cm³로 변화하였다(Table 1, Fig. 3 & 4-A5). 4차 측정치의 평균치는 297.61 ions/cm³이었다.

평균 음이온수의 함량이 양이온 보다 294.5. ions/cm³이 더 높게 측정되었고, 음이온수의 변동 폭은 476 ~ 1020.5 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 105.7 ~ 513

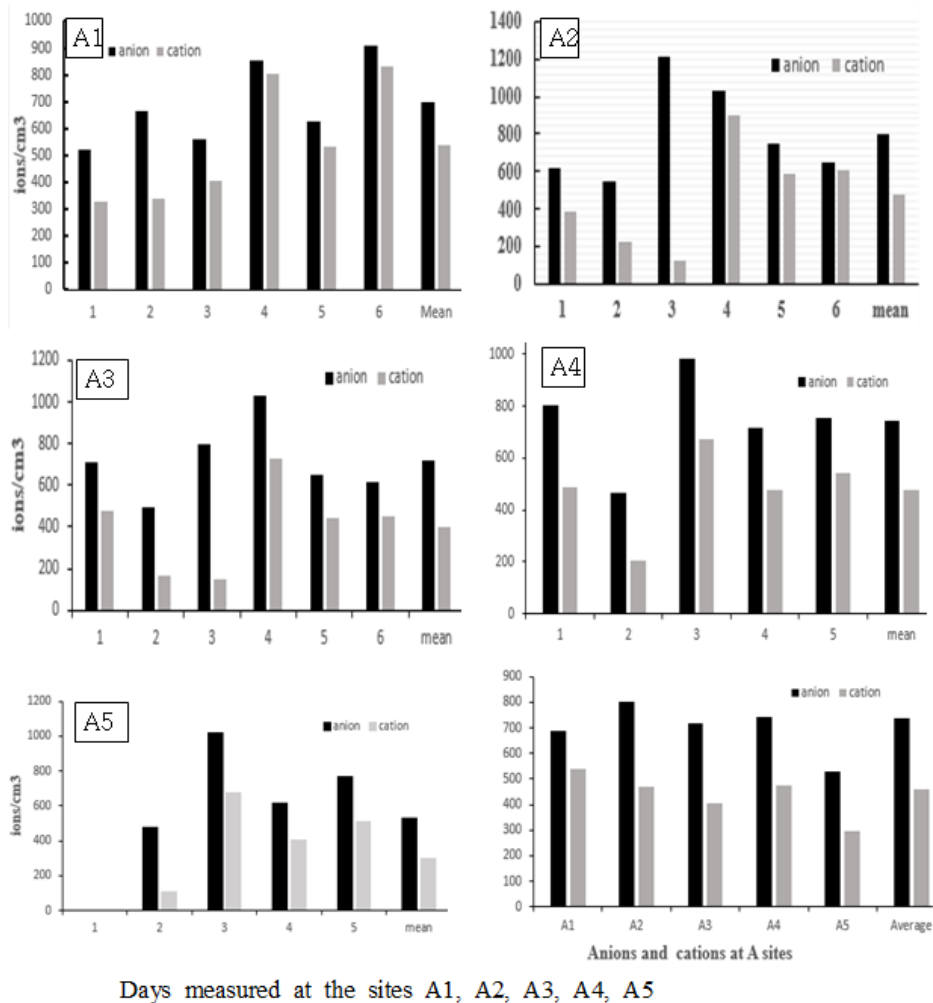


Fig. 4. Comparison of daily estimates of anions and cations at sites A1 to A5.

ions/cm³ 이었고, 음양이온수 함량은 측정일과 시간에 따라서 수시로 이온수의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다.

2017년도 7월경에 측정된 전체 생태관찰로 약 1.5 km 거리에 위치한 5개 A지점의 총괄적인 평균치는 음이온수는 731 ions/cm³, 양이온 수는 457 ions/cm³ 이었으며, 음이온수가 양이온보다 높았다(Fig. 4-A6). 다른 지역에서도 가까운 거리인데도 유사하게 측정치는 5개의 A지점에서 유사하게 변화하는 것을 관찰할 수가 있었다. 대기질에서 확산되는 정도에 따라서 변화가 높다고 판단되며, 풍속에 거의 바람이 없는 상태라서 차이는 크지 않은가 판단이 된다. 유사한 연구로 Carmichael *et*

al., [7]은 1992-1993년도 제주도에서 채취한 대기질의 연간 평균 측정치는 sulfate(SO₄⁻)는 7.0 μg/m³, nitrate (NO₃⁻)는 1.2 μg/m³, ammonium(NH₄⁺)은 1.4 μg/m³, potassium(K⁺)은 0.4 μg/m³, natrium (Na⁺)은 1.66 μg/m³, calcium(Ca⁺⁺)은 0.5 μg/m³, magnesium(Mg⁺⁺)은 0.3 μg/m³, chlorine(Cl⁻)은 1.9 μg/m³ 등으로 음이온과 양이온이 검출되었다고 보고하였고, 주별 또는 계절별로 함량이 다양하게 변이성이 높았다고 판단하였다. 또한 이 연구에서는 대기질에 존재하는 이온들을 무게 단위로 측정을 하였으며 음이온과 양이온이 혼재함을 확인하였다. 2017년도의 본인들의 연구에서는 대기질에 있는 전체 음양이온의 수로 측정을 하여 이들의 연구와 차이점이 있다. 또한 대기질

의 이온의 함량은 수시로 변화 한다고 하였는데 본 연구에서도 일별 시점별로 이온의 수가 변이성이 높았다.

3.2 교래 B지역의 이온수의 측정치

교래자연휴양림 B지역의 2017년 6월 28일부터 13일 사이에 측정한 4개 지역 전체 평균 음이온수는 780 ions/cm³, 양이온수는 379.55 ions/cm³ 이었으며, 대기 온도는 27.6°C, 습도는 80%, 풍속은 0.1 m/sec, 측정 지역의 해발 고도는 477 m 이었다(Table 2, Fig. 5, & 6).

3.2.1 B1지점의 음양이온수의 측정치

교래자연휴양림 오름관찰로 약 2 km 거리에 위치 (Fig. 1)한 B1지점에서 5차에 걸쳐서 측정한 음이온수 측정치의 변화는 7월 5일 14:18 시경에는 732.25 ions/cm³ 이었고, 7월 7일 13:28 시경 측정치는 1451.25 ions/cm³로 증가하였고, 7월 13일 13:52 시경에는 818.5 ions/cm³로 390.75 ions/cm³로 변화하였다(Table 2, Fig. 5 & 7-B1). 5차 측정치의 평균치는 890.35 ions/cm³ 이었다.

B1지점의 양이온수의 평균치는 7월 5일 14:18 시경에는 488.5 ions/cm³ 이었으나 7월 7일에는 13:28 시경에는 441 ions/cm³로 감소하는 경향이 나타났으나, 7월 13일에는 161.75 ions/cm³로 변화하였다(Table 2, Fig. 6 & 7-B1). 5차 측정치의 평균치는 486.95 ions/cm³ 이었다.

후후의 B1지역에서도 음이온수의 함량이 양이온수보다 403.34 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었고, 음이온수의 변동 폭은 632.25 ~ 1451.25 ions/cm³. 양이온수의 변동 폭은 150.5 ~ 488.5 ions/cm³ 이었다. 음양이온수 함량은 측정일과 시간에 따라서 수시로 이온수의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다. 꽃자왈의 산림이 더 짙어 지는 7월 이라 함량의 수가 증가하였다고 판단한다.

3.2.2 B2지점의 음양이온의 함량

B2지점에서 4차에 걸쳐서 측정한 음이온 함량의 측정치의 변화는 7월 5일 14:53 시경에는 737 ions/cm³ 이었고, 7월 7일 13:56 시경 측정치는 824 ions/cm³로 증가하였고, 7월 10일에는 773.75 ions/cm³로 변화하였다 (Table 2, Fig. 5 & 7-B2). 4차 측정치의 평균치는 760.31 ions/cm³ 이었다.

B2지점에서 4차에 걸쳐서 측정한 양이온수의 평균치는 7월 5일 14:53 시경에는 400.25 ions/cm³ 이었으나 7

월 7일에는 13:56 시경에는 135.5 ions/cm³로 감소하는 경향이 나타났으나, 7월 10일에는 525.75 ions/cm³로 증가하였다(Table 2, Fig. 6 & 7-B2). 4차 측정치의 평균치는 326.25 ions/cm³ 이었다.

전체B2지역의 평균 음이온수의 양이온수 보다 434.06 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었고, 음이온수의 변동 폭은 135 ~ 773.75 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 135 ~ 522.75 ions/cm³ 이었다. 음양이온수는 측정일과 시간에 따라서 수시로 이온의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다.

3.2.3 B3지점의 음양이온의 함량

B3지점에서 5차에 걸쳐서 측정한 음이온 함량의 측정치의 변화는 7월 5일 16:01 시경에는 755.5 ions/cm³ 이었고, 7월 7일 14:26 시경 측정치는 856 ions/cm³로 증가하였고, 7월 10일에는 768.75 ions/cm³로 변화하였다(Table 2, Fig. 5 & 7-B3).

B3지점의 양이온수의 평균치는 7월 5일 16:01 시경에는 198 ions/cm³ 이었으나 7월 7일에는 14:26 시경에는 356 ions/cm³로 증가하는 경향이 나타났으나, 7월 10일에는 503.5 ions/cm³로 증가하였다(Table 2, Fig. 6 & 7-B3). 5차 측정치의 평균치는 321.15 ions/cm³ 이었다.

B3지역 총 평균 음이온수의 함량이 양이온 수 보다 428.5 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었고, 음이온수의 변동 폭은 636.75 ~ 731.25 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 198 ~ 503.5 ions/cm³ 이었다. 음양이온수 함량은 측정일과 시간에 따라서 수시로 이온수의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다.

3.2.4 B4지점의 음양이온수의 함량

B4지점의 4차에 걸쳐서 측정한 음이온수의 측정치의 변화는 7월 5일 16:22 시경에는 638.5 ions/cm³ 이었고, 7월 6 17:42 시경 측정치는 916.75 ions/cm³로 증가하였고, 7월 10일 16:11 시경에는 605.75 ions/cm³로 변화하는 경향을 보였다(Table 2, Fig. 5 & 7-B4).

B4지점의 양이온수의 평균치는 7월 5일 16:22 시경에는 233.75 ions/cm³ 이었으나 7월 6일에는 17:42 시경에는 756.75 ions/cm³로 증가하는 경향이 나타났으며, 7월 10일 16:11 시경에는 401 ions/cm³로 변화하였다 (Table 2, Fig. 6 & 7-B4). 4차 측정치의 평균치는 383.69 ions/cm³ 이었다.

Table 2. Summary of ions mean values measured at Gyoraе forest-B sites

Sites/ times	Time	Freq	Mean (ion no./cm ³)			Mean Temp (°C)	Mean Humidity (%)	Mean Wind velocity (m/sec)	Mean Altitude (m)	Date tested
			anion	cation	Dev					
B1-1st	14:09-14:18	4	732.25	488.5	243.75	27.2	78.75	0	441	7.5
B1-2nd	15:58-16:05	4	817.5	150.5	667	28.425	77.25	0	445	7.6
B1-3rd	13:18-13:28	4	1451.25	441.5	1009.75	29.725	67.75	0	450	7.7
B1-4th	14:30-14:39	4	632.25	332.75	299.5	26.225	85.75	0	487	7.10
B1-5th	13:43-13:52	4	818.5	161.75	656.6	29.7	73.255	0	454	7.13
Mean			890.35	486.95	403.34	28.25	76.55	0	455.4	
B2-1st	14:43-14:53	4	737	400.25	336.75	27.075	81	0	459	7.5
B2-2nd	16:18-16:27	4	706.5	246.5	460	26.15	95	0	453	7.6
B2-3rd	13:47-13:56	4	824	135.5	688.5	28.95	68	0.22	464	7.7
B2-4th	14:57-15:06	4	773.75	522.75	251	25.75	89	0	498	7.10
Mean			760.31	326.25	434.06	26.98	83.25	0.06	468.5	
B3-1st	15:53-16:01	4	755.5	198	557.5	29.15	77.25	0	469	7.5
B3-2nd	16:42-16:51	4	636.75	361.25	275.5	25.525	99	0	468	7.6
B3-3rd	14:16-14:26	4	856	356	500	27.6	78	0	477	7.7
B3-4th	15:24-15:33	4	768.75	503.5	265.25	25.625	83.5	0	517	7.10
B3-5th	14:32-14:41	4	731.25	187	544.65	28.5	81.5	0	486	7.13
Mean			749.65	321.15	428.5	27.28	83.85	0	483.4	
B4-1st	16:11-16:22	4	638.5	233.75	4047.5	31.075	65.5	0.9	493	7.5
B4-2nd	17:33-17:42	4	916.75	756.75	160	25.95	80.25	0.3	535	7.6
B4-3rd	15:01-15:10	4	650.75	143	507.75	29.125	76	0.28	499	7.7
B4-4th	16:02-16:11	4	605.75	401.25	204.5	25.425	80.25	0	477	7.10
Mean			702.94	383.69	312.5	27.89	75.50	0.37	501	
Total average		72	780	379.55	400.45	27.6	80	0.1	477	

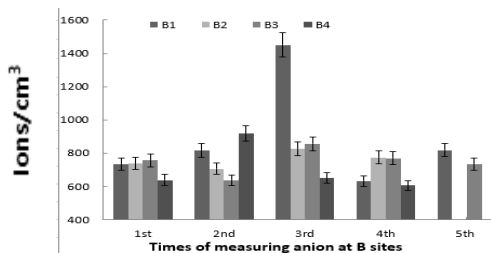


Fig. 5. Timely variations of anion numbers at B sites.

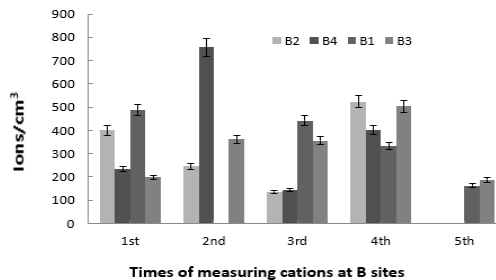


Fig. 6. Timely variations of cation numbers at B sites.

전체 오염관찰로 약 2 km 거리에 위치한 B 지점 4개 지점의 총괄적인 평균 음이온수의 함량이 양이온수 보다 312.5 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었고, 음이온수의 변동 폭은 605.75 ~ 916.75 ions/cm³, 양이온수의 변동 폭은 143 ~ 756 ions/cm³ 이었다. 음양이온수의 함량은 측정 일과 시간에 따라서 수시로 이온수의 함량이 변화하는 것을 알 수가 있었다(Table 2, Fig. 8). A와 B지역에서도 가까운 거리인데도 측정치는 지점별로 서로 변화하는 것을 관찰할 수가 있었다. 대기질에서 확산되는 정도에 따라서 변화가 높다고 판단되며, 이유는 풍속과 대기질의 확산작용으로 차이가 생긴다고 판단이 된다.

유사한 연구로 Carmichael *et al.*, [8]은 제주도에서 1992-1995년도까지 3년간의 측정에서는 sulfate(SO₄⁻)는 7.2 µg/m³, nitrate(NO₃)는 1.2 µg/m³, ammonium (NH₄⁺)은 1.27 µg/m³ natrium (Na⁺)은 1.66 µg/m³, potassium(K⁺)은 0.39 µg/m³, calcium (Ca⁺⁺)은 0.47 µg/m³, magnesium (Mg⁺⁺)은 0.26 µg/m³, chlorine(Cl⁻)은 1.88 µg/m³ 등으로 음이온과 양이온이 검출되었다고 보고하였다. 대기질의 농도는 표집시간과 장소에 따라서 변이성이 높았고, 계절적으로도 변이성이 높게 나타났

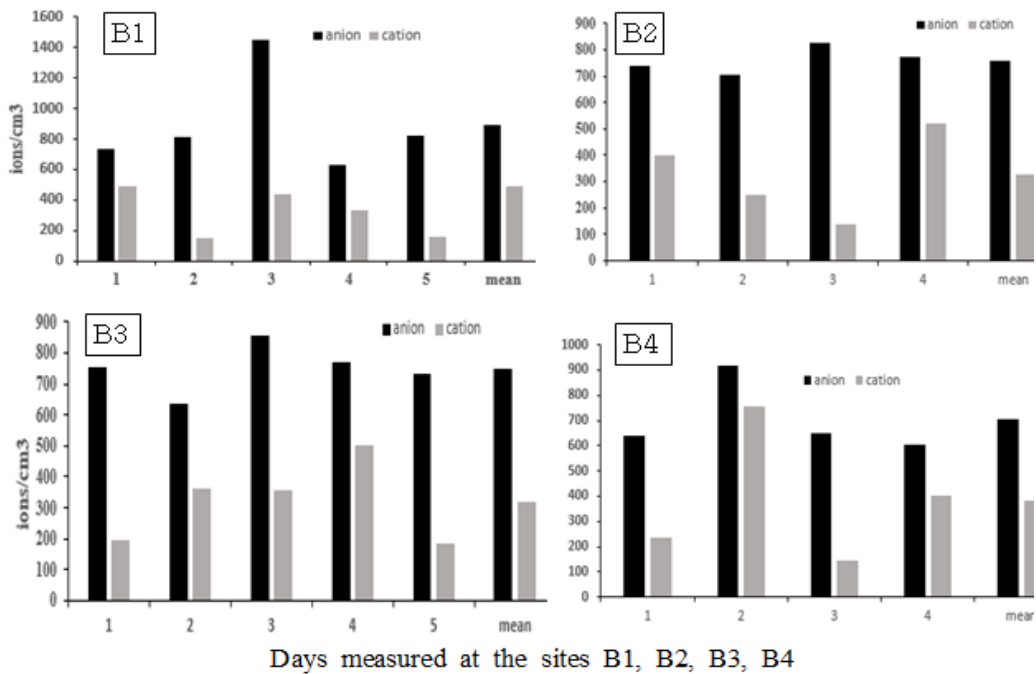


Fig. 7. Comparison of daily estimates of anions and cations at sites B1 to B4.

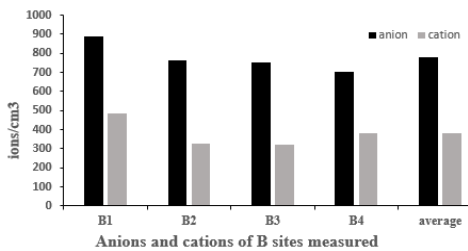


Fig. 8. Comparison of daily estimates of anions and cations at sites A1 to A5.

다고 하였다. Chen *et al.*,[9]는 1992-1995년 사이 3년간을 매일 측정된 제주지역 대기질에는 sulfate(SO₄²⁻)는 6.8 µg/m³, nitrate(NO₃⁻)는 1.2 µg/m³, ammonium(NH₄⁺)은 1.3 µg/m³, natrium (Na⁺)은 1.7 µg/m³, potassium (K⁺)은 0.4 µg/m³, calcium (Ca⁺⁺)은 0.5 µg/m³, magnesium (Mg⁺⁺)은 0.3 µg/m³, chlorine(Cl⁻)은 1.9 µg/m³ 등으로 음이온과 양이온이 검출되었다고 보고하였다. 각 성분은 계절적으로 순환하는 듯 했으며, sulfate, nitrate, ammonium, potassium, calcium 등의 농도는 특히 봄철에 높게 측정되었으며, 반면에 chlorine 농도는 10%정도 낮게 측정되었다고 하였다. 대기질이

높게 측정된 물질들은 일부 중국 중부에서 유래된 것으로 추정하였다. 교래자연휴양림에서는 많은 양의 피톤치드가 방사되고 있는 지역 중의 하나이며, 피톤치드에서도 음양이온이 존재하는 보고도 있다[4, 12].

본 연구에서는 2017년도 6월 28일부터 7월 13일 사이의 한 여름에 교래자연휴양림에서 음이온과 양이온의 수를 자동측정기로 측정치한 수치이다. 위에 언급한 Carmichael *et al.*,[8], Chen *et al.*,[9], Lim *et al.*,[10], Song *et al.*,[11]의 연구에서는 대기 중의 음이온과 양이온의 탐색하여 무게로 측정을 하였다. 측정 단위가 달라서 수치적 비교는 어려우나 대기 중에는 음이온과 양이온이 존재하며 일정치를 유지하고 있다는 것은 본인의 연구와도 일치하며, 또한 이온의 함량이 수시로 계절별로 변이되는 것을 확인되었다.

3.3 온도, 습도, 풍향 및 해발높이의 영향

전체 A지역의 5개지점간의 온도, 습도, 풍향, 위도의 항목에서는 수치적으로 큰 차이가 없어 보였다. B지역 4개 지역 간에도 위와 유사하였다(Table 1 & 2). 측정기간이 2주일 정도이고 7월의 한 여름 철이기 때문에 바람이 비교적 적은 기간이다.

그러나 전체 A지역과 B지역 간의 차이는 보면, A지역은 오전 중에 측정을 하였고, B지역은 오후에 측정을 하였기 때문에 온도와 습도에서 차이를 보였다. A지역의 온도 범위는 25.05 ~ 25.97℃이었고, 전체 평균 온도는 25.5℃, 습도는 80.04 ~ 83.42%의 범위이었고, 전체 평균치는 81.6%, 풍속은 0.08 ~ 0.18 m/sec의 범위로 평균치는 0.28 m/sec, 고도는 455.7 m이었으며, B지역의 온도는 27.6℃, 습도는 80%, 풍속은 0.1 m/sec, 고도는 477 m이었다. A지역에서의 측정은 오전 중이었고, B지역에서는 오후에 측정을 하여 온도가 2.1℃가 높았으며, 습도는 1.6%, 그리고 풍속은 0.18 m/sec로 낮아지었다(Table 1 & 2).

음양이온 수의 차이를 보면 오전에 측정한 A지역의 평균치는 731 ions/cm³이었고, 오후에 측정한 B지역의 전체 평균치는 780 ions/cm³으로 오후의 측정치가 49 ions/cm³ 만큼 높게 나왔다. B지역과 A지역이 거리적으로 차이는 있으나 온도가 오후에 2.1℃과 풍속이 오후 B지역에서는 0.18 m/sec로 낮아져서 정체시간이 좀 더 높아져서 오후에 높은 수치가 나왔다고 평가를 할 수도 있다. 측정기간이 2주정도로서 큰 변화는 없었다고 본다. 유사하게 Lim *et al.*,(2012)은 제주도 고산지역을 중심으로 제주도와 인접한 중국과 일본을 장기간의 조사한 결과에서도 대기질의 농도는 온도와 풍향의 중요성을 설명하고 있다.

3.4 이온수 측정치의 분산분석과 상관관계

전체적으로 교래자연휴양림지역 A와 B지점의 음이온과 양이온수의 함량측정치를 분석하기 위하여 Pearson 분산분석을 하여 Table 3에 제시하였다. 음이온수 측정지점 간 및 측정지점 내의 분석에서도 유의하게 나타났으며($p<.001$), 양이온수의 측정지점 간 및 측정지점 내의 분석에서도 유의하게 나타났으며($p<.001$).

교래자연휴양림 측정 지점들의 음이온과 양이온수의 함량측정과 지점간의 상관관계를 Pearson 법으로 분석한 결과를 Table 4에 제시하였다. 음이온과 양이온수 함량의 지점별 평균측정치와 지점간의 상관관계분석에서 $r=.386$ 으로 유의한 정적인 상관관계가 있었다($p<.001$).

교래자연휴양림 내의 A지역의 5개 지점에서 6일간에 측정된 전체 평균 음이온수는 735 ions/cm³, 양이온수는 459.27 ions/cm³이었으며 음이온수가 양이온 수보다 275.73 ions/cm³이 더 높게 측정되었다. B지역의 4개 지

점에서 측정된 전체 평균 음이온수는 780 ions/cm³, 양이온수는 379.55 ions/cm³이었으며, 음이온수가 양이온수 보다 400.45 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었다. A와 B지역의 대기질의 총체적으로 평균 음양이온수는 757.5 ions/cm³, 양이온수는 419.4 ions/cm³로, 음이온수가 더 높게 나타났다.

이상의 데이터를 보면 음이온수가 항상 양이온수 보다 높게 나타났고, 세부적으로 지점별 측정에서도 항상 음이온수가 양이온수보다 높 측정되어, 음이온수의 존재와 양이온수의 존재는 서로 상관관계로 유지된다는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Variance analysis of the estimate of anions and cations between and within groups

Ions	Groups	SS	df	Mean Square	F	p*
anion	Between	1.757	15	1171257.518	31.398	.000*
	Within	2458317.7	68	36151.732		
	Total	2.003E7	83			
cation	Between	6761068.2	15	450737.884	7.177	.000*
	Within	3748275.2	68	55121.694		
	Total	1.051E7	83			

p*, p**, p***. Abbreviations: SS: sum of squares, MS: mean square

Table 4. Correlation analysis between estimates of anions and cations measured at the Gyorae

	Items	anion	cation
anion	Pearson Correlation	1	
	Sig.		
cation	Pearson Correlation	.386***	1
	Sig.	.000	

대기질의 관리를 위하여 국가에서는 일정한 측정소를 설치하여 지속적인 자료를 수집하고 있다. 수원시의 대기관측소의 측정치를 분석한 결과에서는 수원시의 SO₂, NO₂ 및 CO의 대기질 농도는 매우 낮아서 각국에서 설정한 환경기준을 100% 충족을 하였다고 하였다[14], Park *et al.*,[15]는 한반도의 서부유입권역에 속하는 백령도에서 측정된 대기질의 조성은 연도별로 차이가 있었고, 2013년도 집중 기간의 변화에서는 organics는 36%(8월) 그리고 sulfate는 47%(8월)~31%(11월)를 차지하였으며, Nitrate는 8월에는 4%에서 11월에는 19%로 증가하는 것을 발견하였다. Park *et al.*,[16]은 제주 에월 대기오염집중측정소의 PM_{2.5} 에어로졸 화학성분 자료를 분석한 결과에서는 광학특성의 계절별 변화를 보면 봄 및 여름철에는 이른 아침과 늦은 오후(18시)에 최고치를

보였으며, 가을 겨울철에는 오후914~15시)에 최고치를 나타냈으나 다른 시간대와 비교하면 미세한 차이를 보였다. 이러한 다른 연구에서도 대기질이 시간과 계절별로 변화가 다양함을 보여주고 있다. 이러한 결과는 교래자연휴양림에서 측정된 음양이온수의 일간의 대기질의 변화에서도 유사한 결과를 나타내었다.

4. 결론

본 연구는 교래자연휴양림 지역을 A와 B 지역으로 설정해서 일간에 따른 대기질의 음이온수와 양이온수를 측정하여 그 분포와 변이에 대한 연구를 하는 것이 목적이었다.

1. A지역의 이온수의 측정치

교래자연휴양림 내의 “생태관찰로” 약 1.5 km 거리에 A지역의 5개 지점에서 6일간에 측정된 전체 평균 음이온수는 734.5 ions/cm³, 양이온 수는 463.3 ions/cm³이었으며, 대기온도는 25.5℃, 습도는 81.6%, 풍속은 0.28 m/sec, 측정 지역의 해발 고도는 455.7 m 이었다. 음이온수가 양이온 수보다 271.12 ions/cm³가 더 높게 측정되었다.

2. B지역의 이온수의 측정치

교래자연휴양림 B지역의 4개 지점에서 측정된 전체 평균 음이온수는 780 ions/cm³, 양이온 수는 379.55 ions/cm³이었으며, 대기온도는 27.6℃, 습도는 80%, 풍속은 0.1 m/sec, 측정지역의 해발 고도는 477 m 이었다. B지역의 총 평균 음이온수는 780 ions/cm³, 양이온수는 379.55 ions/cm³로 음이온수 보다 400.45 ions/cm³ 이 더 높게 측정되었다.

교래자연휴양림 A와 B 지역의 총체적으로 평균 음양이온수는 757.5 ions/cm³, 양이온수는 419.4 ions/cm³이었으며, 음이온수가 더 높게 나타났고, 측정일과 시간에 따라서 수시로 이온수가 변화하는 것을 알 수가 있었다.

3. 음양이온수 측정치의 분산분석과 상관관계

전체적으로 교래지역 A와 B지점의 음이온과 양이온수의 측정치를 Pearson 분산분석을 한 결과는 음이온 측정지점 간 및 측정지점 내의 분석에서 유의하게 나타났

으며($p < .001$), 양이온의 측정지점 간 및 측정지점 내의 분석에서도 유의하게 나타났다($p < .001$). 측정 지점들의 음이온과 양이온수의 합량측정과 지점간의 상관관계를 Pearson 상관관계 분석에서 음이온과 양이온수는 지점 내 평균측정치와 지점간의 수치가 $r = .386$ 으로 유의한 정적인 상관관계가 있었다($p < .001$).

결론적으로 교래휴양림 지역의 음이온과 양이온 함량의 시간적 분포와 변이를 나타낸 결과는 대기질의 관리에 기초적 정보를 제공하고 있다고 본다.

References

- [1] K. P. Song, “Plants of Ecological School for Gotjawal”, The Reports of Ecological School for Gotjawal, Jeju : The Gotjawal Trust of Jeju, pp.63-65, June, 2016.
- [2] S. T. Song, “Lavias in Gotjawal Terrain, Jeju Island Korea No.4 Byeongak Gotjawal Lava”, *The Journal of Basic Sciences Cheju National University*, Vol.16, No.1, pp.57-63, 2003.
- [3] H. Muller-Dietz, “Phytoncides and phytoncide therapy”, *Deutsch Med Wochenschr*, Vol.81, No.24, pp.983-984, 1956.
- [4] H. Y. Kang, “Secrets of Phytoncides”, pp.27-29, Historiesnet, 2003. ISBN: 9788989876076
- [5] H. C. Kim, S. S. Oh, Y. C. Song, Y. J. Kim, “Distribution Characteristics of Phytoncide in Jeolmul Natural Recreation Forest of Jeju”, *Journal of Naturopathy*, Vol.2, No.2, pp.89-98, 2013. UCI: <https://uci.or.kr/1410-ECN-0102-2014-500-001963322>
- [6] H. C. Kim, S. S. Oh, Y. C. Song, Y. J. Kim, “Distribution Characteristics of Phytoncide in Seogwipo Natural Recreation Forest”, *Journal of Naturopathy*, Vol.2, No.2, pp.99-107, 2013. UCI: <https://uci.or.kr/1410-ECN-0102-2014-500-001963337>
- [7] G. R. Carmichael, Y. Zhang, L. L. Chen, M. S. Hong, H. Ueda, “Seasonal Variation of Aerosol Composition at Cheju Island, Korea”, *Atmospheric Environment*, Vol.30, No.13, pp.2407-2416, 1996. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00230-8](https://dx.doi.org/10.1016/1352-2310(95)00230-8)
- [8] G. R. Carmichael, M. S. Hong, H. Ueda, L. L. Chen, K. Murano, J. K. Park, H. Lee, Y. Kim, C. Kang, S. Shim, “Aerosol Composition at Cheju Island, Korea”, *Journal of Geographical Research*, Vol.102, No.D5, pp.6047-6061, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1029/96JD02961>
- [9] L. L. Chen, G. R. Carmichael, M. S. Hong, H. Ueda, S. Shim, C. H. Song, Y. P. Kim, R. Arimoto, J. Prospero, D. Savoie, K. Murano, J. K. Park, H. Lee, C. Kang, “Influence of continental outflow events on the aerosol composition at Cheju Island, South Korea”, *Journal of Geophysical Research*, Vol.102, No.D23, pp.28551-28574, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1029/97JD01431>

- [10] S. Lim, M. Lee, G. Lee, S. Kim, S. Yoon, K. Kang, "Ionic and carbonaceous compositions of PM₁₀, PM_{2.5} and PM_{1.0} at Gosan ABC Superstation and their ratios as source signature", *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol.12, No.4, pp.2007-2024, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-12-2007-201>
- [11] J. M. Song, J. O. Bu, J. Y. Lee, W. H. Kim, C. H. Lee, "Ionic compositions of PM₁₀ and PM_{2.5} related to meteorological conditions at the Gosan site, Jeju Island from 2013 to 2015", *Asian Journal of Atmospheric Environment*, Vol.11, No.4, pp.313-321, 2017.
DOI: <https://dx.doi.org/10.5572/ajae.2017.11.4.313>
- [12] The Gotjawal Trust of Jeju, Korea [Internet]. The Gotjawal Trust of Jeju, Korea, c2018[cited 2018 Jan. 3], Available From: <https://www.jejutrust.net> (accessed Jan., 3, 2018)
- [13] B. S. Sin, D. H. Im, K. K. Lee, "Changes of Stress Hormone Cortisol After Visiting the Gotjawal Forest in Jeju", *Journal of the Korean Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.18, No.10, pp.471-479, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.10.471>
- [14] M. B. Park, T. J. Lee, E. S. Lee, D. S. Kim, "A Comparative Study on the Ambient Air Quality Standard Strength among Korea, the U.S.A. and the EU", *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, Vol.32, No.6, pp.559-574, 2016.
DOI: <https://dx.doi.org/10.5572/KOSAE.2016.32.6.559>
- [15] T. Park, J. Ahn, J. Choi, Y. Lim, J. Park, J. kim, J. Oh, Y. Lee, Y. Hong, J. Hong, Y. Choi, T. Lee, "Physico-chemical Characteristics of Submicron Aerosol at West Inflow Regions in the Korean Peninsula III. Physical-Chemical Behavior and Long-range Transport of PM₁", *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, Vol.33, No.2, pp.124-138, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5572/KOSAE.2017.33.2.124>
- [16] Y. H. Park, S. K. Song, C. H. Kang, J. M. Song, "Estimations of the Optical Properties and Direct Radiative Forcing of Aerosol Chemical Components in PM_{2.5} Measured at Aewol Intensive Air Monitoring Site on Jeju Island", *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, Vol.33, No.5, pp.458-472, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5572/KOSAE.2017.33.5.458>

임 동 호(Dong-Ho Im)

[준회원]



- 1990년 2월 : 대전대학교 철학과 (철학 학사)
- 1993년 4월 : 인도 뿌네대학교 철학 석사 (요가전공)
- 1999년 8월 : 인도 뿌네대학교 철학 박사 (요가 전공)
- 2007년 3월 : 동방문화대학원 대학교 자연치유학과 조, 부교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 동방문화대학원대학교 교학부장

<관심분야>

요가, 요가치유, 명상치유

신 방 식(Bang Sik Sin)

[정회원]



- 2006년 2월 : 제주대학교경영학과 (경영학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 동방문화대학원대학교 자연치유학과(박사과정)
- 1991년 3월 ~ 2016년 5월 : 제주도 제민일보사 대표이사과 상근부회장 역임
- 2017년 5월 ~ 현재 : 제주 YMCA 이사장

<관심분야>

자연치유, 산림치유, 온열치유

이 근 광(Keun-Kwang Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 동국대학교 응용생물학과(Ph.D. 생물학)
- 1996년 2월 ~ 현재 : 고구려대학 피부미용학과 교수
- 2015년 3월 ~ 현재 : 고구려대학 산학협력단장

<관심분야>

피부미용, 자연치유, 의생명과학