다중회귀를 이용한 도심 재생하천이 음이온 농도에 미치는 영향 분석: 서울시 청계천을 대상으로*

김정호** · 오득균*** · 윤용한****

Anion Concentrations of Urban Regeneration Stream through Multiple Regression Analysis: Targeting Cheonggyecheon in Seoul*

Jeong Ho Kim** · Deuk Kyun Oh*** · Yong Han Yoon****

요약 : 도심 재생하천인 청계천을 대상으로 치유의 대표적 인자인 음이온 농도의 분포현황을 분석하고자 하였다. 청계천에 분포하는 음이온 농도는 일반적으로 도심지에 분포하는 음이온 농도 150~450ea/cm^3 보다 조금 상회하는 수치인 620±186ea/cm^3이었으며 수변지역에서 736ea/cm^3, 제방지역에서 633ea/cm^3, 50m지역에서 593ea/cm^3, 100m지역에서 567ea/cm^3, 150m지역에서 440ea/cm^3, 200m지역에서 543ea/cm^3 등의 순으로 수변지역에서 멀어질수록 음이온 농도가 감소하였다. 기상인자와 음이온 농도의 상관성 분석 결과 기온, 상대습도, 풍속과의 상관성이 검증되었으며 상대습도와 풍속은 정의 상관관계, 기온과는 부의 상관관계가 나타나 기온이 상승할수록 음이온 농도가 낮아지며 풍속과 상대습도가 높을수록 음이온 농도가 증가하는 결과를 도출하였다. 회귀분석 결과, $Y=208.774X_1-49.451X_2+1642.131$($X_1$=풍속, X_2=기온 $R^2=0.405$)의 예측식을 얻었다.

주제어 : 치유, 기온, 상대습도, 상관분석

ABSTRACT : Chenggyecheon in Seoul city was performed by the case to examine the effects of urban regenerated rivers on the downtown area based on the anion that was a representative factor in healing. The anion generation distributed in Chenggycheion was slightly more of a numerical value 620±186ea/cm^3 than that in general downtown areas 150~450ea/cm^3, water front areas-736ea/cm^3, river bank areas-633ea/cm^3, 50m areas-593ea/cm^3, 100m areas-567ea/cm^3, 150m areas-440ea/cm^3, 200m areas-543ea/cm^3 showed in order. The further away from water front areas, the anion distribution showed a decrease. The analysis of the relation between meteorological factors and the anion distribution verified the correlation with temperature, relative humidity and wind speed. The relative humidity and wind speed indicated a positive correlation, while temperature gave a negative correlation. Thus, it was analyzed that as temperature rose, anion distribution decreased, and as wind speed and relative humidity were higher, anion distribution increased. Regression analysis resulted in prediction equation of $Y=208.774X_1-49.451X_2+1642.131$($X_1$=wind speed, X_2=temperature $R^2=0.405$).

Key Words : healing, temperature, relative humidity, correlation analysis

* 이 논문은 2011년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

** 건국대학교 자연과학대학 겸임교수(Adjunct Professor, College of Natural Science, Konkuk University)

*** 건국대학교 산림과학과 석사과정(Master Course, Department of Forest Science, Konkuk University)

**** 건국대학교 산림과학과 교수(Professor, Department of Forest Science, Konkuk University), 교신저자(E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr, Tel: 043-840-3538)

Ⅰ. 서론

무분별한 도시개발과 인구집중으로 인해 현재의 도시는 많은 문제점을 안고 있다. 이를 해결하고자 도심지 내 녹지면적 확충, 바람길 형성, 도심하천의 복원 등 많은 노력이 이루어지고 있으며, 도시민의 욕구 또한 Wellbeing, 로하스 등 친환경적 삶에 대한 관심이 높아지면서 치유(healing)에 대한 관심이 증가하고 있다(유리화・정성애, 2009). 치유에 대한 관심이 높아지면서 주요 치유인자인 피톤치드와 음이온의 발생 및 효과에 대한 연구가 조금씩 진행되고 있는데, 피톤치드는 식물이 병원균, 해충, 곰팡이에 저항하기 위해 분비하는 물질로 테르펜으로 구성되어 있으며(김시경 외, 2008), 음이온은 공기정화 효과와 인체의 자율신경계를 조절하는 기능을 수행한다(Krueger and Reed, 2006).

음이온은 중성인 원자・원자단, 분자가 음의 전하 혹은 전자를 얻게 되어 음전하수가 잉여상태로 된 것을 의미하며(이해철, 2004), 공기를 이온화하는 자연계의 에너지원은 토양으로부터의 방사선, 자외선, 산소, 기압, 기류, 강수 등이다.

서울시는 쾌적한 도시환경 조성 및 관리의 일환으로 2003년 7월 1일부터 청계천 복원사업을 시작하여 2005년 10월 1일에 복원공사를 마무리하였다. 이는 노후화로 인한 청계고가로 및 복개도로 안전문제의 근원적 해소와 더불어 자연과 인간중심의 친환경적인 도시 공간을 위한 맑은 하천과 휴식 공간 제공을 목적으로 하고 있다(장영기 외, 2010). 청계천의 복원에 따라 청계천이 도시환경에 미치는 영향에 대한 연구가 다수 진행되었는데, 첫째, 열환경 변화 및 냉방부하 저감효과에 대한 연구는 김재욱 외(2003), 권병혁 외(2005) 등에 의해 꾸준하게 이루어졌으며, 둘째, 청계천의 생물상 변화와 물순환에 대한 연구는 최준길 외(2008), 노성진・김현준(2006)에 의하여 연구되었다. 셋째, 도시대기환경 변화에 대한 연구는 장영기 외(2010)에 의해 이루어졌으며 대부분 열섬효과의 완화 현상과 바람길 형성으로 인한 풍향풍속의 변화로 청계천의 복구가 도시환경에 긍정적인 영향을 끼치고 있다고 보고하였다. 그러나 실제 건강측면을 고려한 공기의 질 및 음이온에 대한 연구는 거의 없었다.

본 연구는 대표적 도시 재생하천인 서울시 청계천을 대상으로 건강 및 치유의 주요 지표인자 중 음이온 농도를 측정・분석하여 재생하천의 복원효과 및 건강과 치유적 관점에서 도시관리의 기초자료로 제공하고자 하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상지 및 측정지점

본 연구대상지는 우리나라 서울특별시에 위치한 청계천으로 1958년 복개공사를 시작으로 1971년 고가도로가 건설되면서 콘크리트로 뒤덮였으나 2004년 9월 청계천의 복개를 걷어내고 복원한 구역 중 1구역에 해당하는 청계광장에서 세운교까지 5.84km를 선정하였다.

음이온 측정지점은 연구대상지로 설정한 청계천의 복원구역 5.84km 중에서 청계천의 시작인 청계광장에서 세운교까지 8개의 다리구간을 선정하였는데, 이 구간은 업무지구로 밀집된 지역으로 청계천 구간 중 유동인구가 가장 많은 지역이었으며 기타 다른 지역은 주거지역 등과 혼재되어 유동인구가 현저히 차이가 발생하여(황지영 외,

2011) 측정대상지에서 제외하였다.

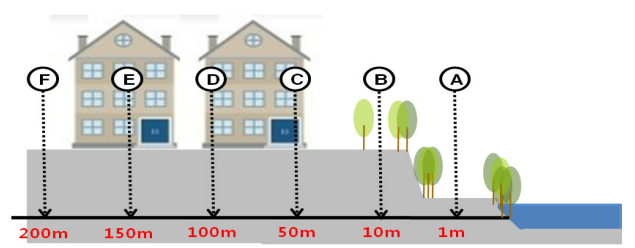
구간 내 측정위치는 청계천 수변지점(A), 청계천 제방지점(B), 수변에서 50m 지점(C), 수변에서 100m 지점(D), 수변에서 150m 지점(E), 수변에서 200m 지점(F)으로 설정하고 지점별 3~8개소의 측정지점을 설정하여 총 27개 지점에서 측정을 실시하였다. 수변으로부터 50m 지점으로 구분한 이유는 기상 등 측정인자에 미치는 최소범위가 반경 50m(윤용한 외, 2007)라는 연구결과를 고려하였다. 측정지점 위치와 현황은 〈표 1〉에 구체적으로 제시하였다.

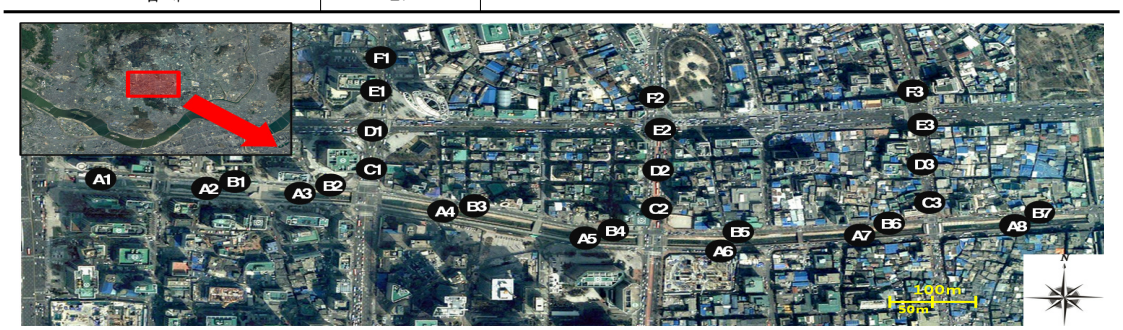
2. 분석방법

청계천에서 발생되는 음이온을 측정하기 위해 Comsystem사의 com3200을 삼각대를 이용하여 지상에서 1.2m지점에 설치한 후 10분 동안 대기에 노출시켜 대기 중의 음이온 분포량을 1분 간격으로 기록하였으며 바람에 따라 쉽게 변화하는 음이온의 수치를 최소화시키기 위하여 조용복(2009)의 방법에 따라 흡입구를 바람에 등지고 설치하였으며 이동 시 측정기를 대기에 노출시키지 않기 위하여 비닐팩으로 측정기를 감싸 측정 시 오차를 최소화하였다. 또한 기상에 따라 민감하게 변화하는 음이온 분포량과 기상과의 상관성을 찾기 위하여 측정지점의 기온, 상대습도, 표면온도, 풍향, 풍속 등을 측정하여 기록하였다. 조사시기는 기상조건에 따라 변화되는 음이온 농도와 계절과의 관련성을 파악하고자 2012년 5월에 집중적으로 실시하였다. 조사기간은 음이온 방출이 녹지의 광합성량에 크게 좌우되기(윤용한 외, 2012) 때문에 날씨가 맑은 날 오전 11시부터 오후 2시까지 실시하였다. 또한 연구대상지의 기상인자와 음이온과의 관계를 분석하기 위해 SPSS Statistics 18 프로그램을 이용하여 상관성 및 다중회귀분석을 실시하였다.

〈표 1〉 연구대상지 및 음이온 측정지점 현황

코드	측정지점 유형	개소	측정위치
A	청계천 수변	8	
B	청계천 제방	7	
C	수변에서 50m	3	
D	수변에서 100m	3	
E	수변에서 150m	3	
F	수변에서 200m	3	
합계		27	





Ⅲ. 선행연구 고찰

건강유지를 위해서는 공기 1cm^3 중에 최소한 약 400~1,000개 이상의 음이온이 적정하며 일반적인 숲속에서는 1,000~2,000개/cm^3, 일정면적 이상의 녹지가 확보된 도심지역에서는 500~1,800개/cm^3 (엄태원・김갑태, 2010), 그리고 녹지가 없는 고밀 도심지역에서는 150~450개/cm^{3}가 분포한다(전경수・조용복, 2009). 이는 하천 등의 녹지가 음이온의 발생에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

음이온과 건강과의 연관성에 대해 연구한 Krueger and Reed(2006)는 양이온과 음이온이 세균 및 박테리아의 억제효과 및 신체 내 개선효과에 관한 생물학적 효과를 비교 검증하였고 渡邊 외(1996)는 음이온이 혈액 순환상태를 양호하게 하고 뇌파에 영향을 주어 정신적 이완을 주는 것으로 제시하였다. 이외에도 음이온은 피로의 경감, 작업효율의 향상, 이완감, 집중력 증가, 호흡기능의 개선, 혈압의 안정, 체온 유지 등의 효과(山野井, 1998)가 있으며 운동 후의 피로회복에도 탁월한 기능을 수행한다. 특히 식물이 식재되어 있는 녹지와 숲 등에서 발생하는 음이온을 마시면 세포의 신진대사를 촉진하고 활력을 증진시키며 피를 맑게 하고 신경안정과 피로회복, 식욕증진의 효과가 있으므로(김시경 외, 2008; 지철근, 2003; Karjalainen et al., 2010) 음이온을 도시 건강지표 혹은 치유공원의 주요 인자로 도입하고 있다.

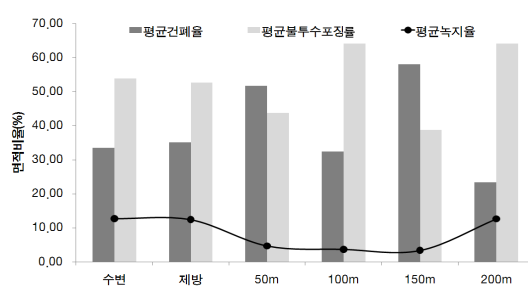
지금까지 음이온에 대한 연구는 주로 실내공간 내에서 음이온의 농도 및 효과 검증(이진희・윤평섭, 2003; 이철선, 2005; 이해철, 2004; 황건중 외, 1998)에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 최근에는 실내공간뿐만 아니라 실외공간에서도 건강에 관한 관심이 높아지면서 치유(healing)라는 개념이 이슈화됨에 따라 치유의 숲 조성방안의 수단으로 음이온이 일부 활용되면서 숲속 음이온의 농도(엄태원・김갑태, 2010; 조용복, 2009) 등에 관한 연구가 일부 진행되고 있다. 그러나 건강 및 쾌적도시 관점에서 도심지 재생하천에 대한 음이온 분포 등에 관한 연구는 없는 상황이다.

Ⅳ. 결과 및 고찰

1. 측정지점별 토지이용 및 기상특성

교통량에 따른 음이온 및 기상의 변화를 최소화하기 위해 교량 위에서 측정을 진행하였다. 선행연구에서 관측지점을 중심으로 반경 50m 내외가 관측점으로부터 거리에 따라 기온과 토지피복과의 중상관계수가 안정하다(윤용한, 2004)는 연구결과를 토대로 청계천을 기점으로 50m씩 구분하여 측정하였다.

지점별 토지이용특성 분석을 위해 반경 50m 내의 녹지율, 건폐율, 불투수포장률을 분석하였다. 음이온 발생에 영향을 미칠 것으로 판단되는 녹지율의 경우 청계천 내부에 설정한 수변지역이 12.75%로 가장 넓었고 다음으로 200m 지점 12.67%, 제방 12.43%, 50m 지점 4.67%, 100m 지점 3.67%, 150m 지점 3.33% 순으로 나타났다.



〈그림 1〉 측정지점의 토지이용유형별 평균면적 비율

기온의 경우 22~27℃였으며 100m지점(26.7℃) = 150m지점(26.7℃) 〉 제방지점(26.5℃) 〉 200m지점(26.3℃) 〉 50m지점(26℃) 〉 수변지점(24.5℃) 순으로 측정되었다. 외기온도가 가장 높은 지점은 청계천에서 100m, 150m 떨어져 있는 지점에서 26.7℃였으며, 가장 낮은 지점은 청계천 수변지점으로 24.5℃로 2.2℃ 정도 낮게 나타나, 청계천 복원 이후 기존보다 약 3℃ 정도의 기온 절감효과가 있다는 선행연구(김재욱 외, 2003)와 비슷한 경향이었다.

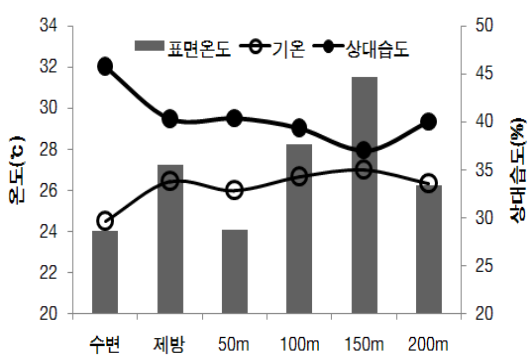
상대습도의 경우 수변지점(45.8%) 〉 제방지점(40.3%) = 50m지점(40.3%) 〉 200m지점(40%) 〉 100m지점(39.3%) 〉 150m지점(39%) 순으로 나타났으며 고온역에서는 저습역이, 저온역에서는 다습역이 형성되어 기존 연구(윤용한 외, 2007)와 유사한 경향이었으며 F지점의 경우 상대적으로 높은 습도가 측정된 것은 종로 1가, 2가, 3가에 위치한 종각, 탑골공원, 종묘 등의 대규모 녹지의 영향으로 판단되며 이는 기존 윤용한(2004)의 연구에서도 검증된 현상이다. 지표면 온도의 경우 100m지점(28.2℃) 〉 150m지점(27.6℃) 〉 제방(27.3℃) 〉 200m지점(26.3℃) 〉 50m지점(24.1℃) 〉 수변(24℃) 등의 순이었다.

조도의 경우 측정지점 유형 간의 경향은 나타나지 않았으며, 풍향은 측정 당시 서풍이었다. 풍속은 1.02~1.3m/s였으며 제방에서 1.3m/s로 가장 강했고 청계천에서 150m지점에서 1.02m/s로 가장 약하게 측정되었다.

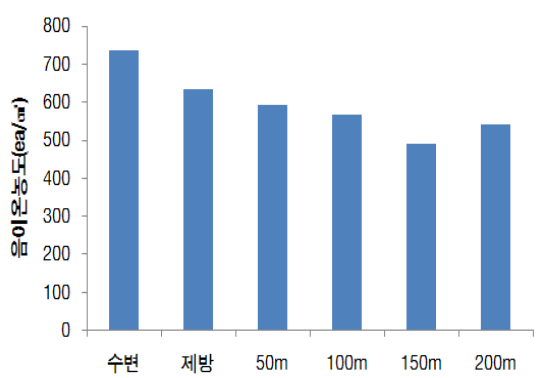
2. 음이온 농도 분포

음이온은 치유에 관련되어 대표적인 치유인자인 폭포, 분수, 식물의 광합성에서 발생하는 것으로 알려져 있으며 보통 자연녹지인 숲에서는 농도가 1,000ea/cm³ 이상이며 일반 고밀도심지 내에서는 150~450ea/cm³가 분포하고 있으며(전경수·조용복, 2009) 건강을 위한 최소한의 음이온의 개수는 400~1,000ea/cm³(박소홍 외, 1998)로 제시되고 있다.

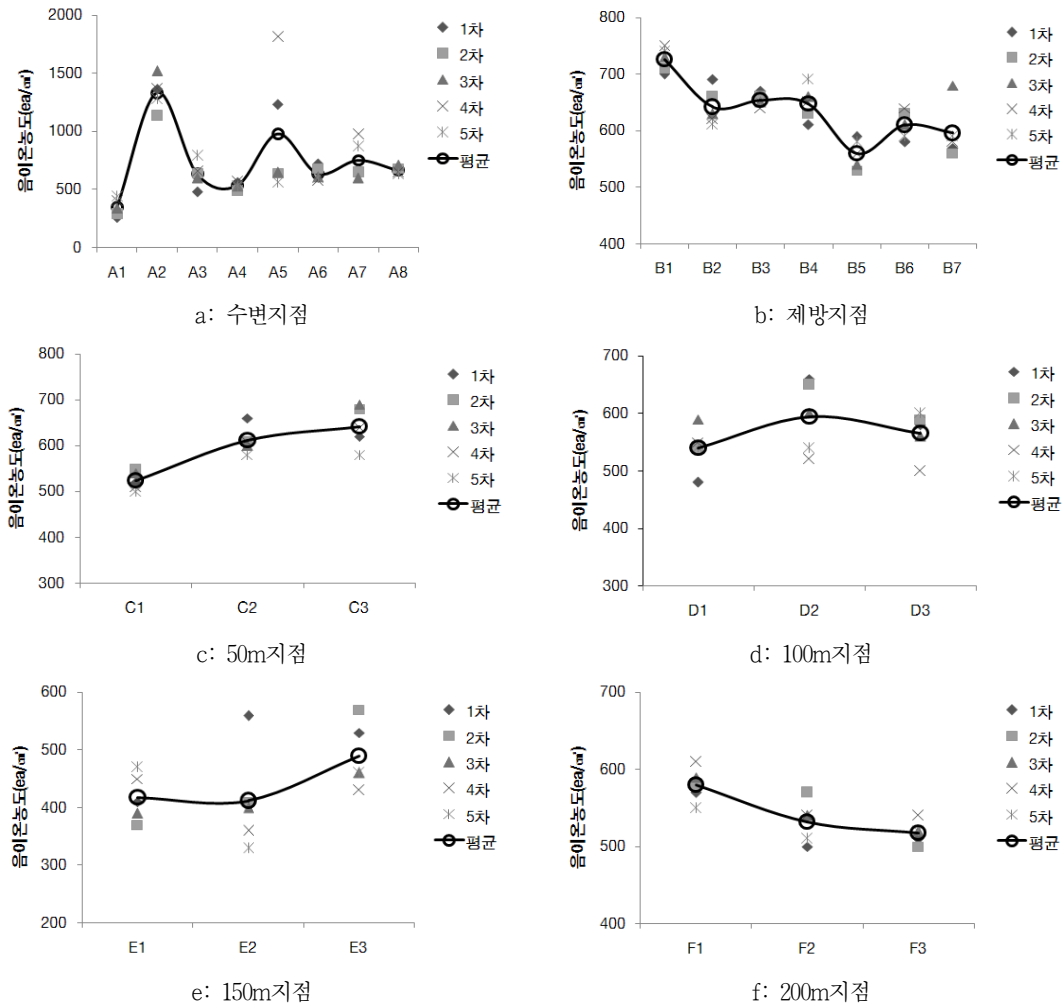
연구대상지 내 측정지점 전체 평균 음이온 농도는 620±186ea/cm³였으며 수변지점에서 736ea/cm³, 제방지점에서 633ea/cm³, 50m지점에서 593ea/cm³, 100m지점에서 567ea/cm³, 150m지점에서 440ea/cm³, 200m지점에서 543ea/cm³ 등의 순이었다.



〈그림 2〉 측정지점별 기상측정 결과



〈그림 3〉 거리에 따른 평균 음이온 분포량 평균값



a: 수변지점 b: 제방지점

c: 50m지점 d: 100m지점

e: 150m지점 f: 200m지점

〈그림 4〉 지점별 음이온 농도 측정결과

이는 일반적으로 도시지역 내 음이온 발생량인 150~450ea/cm^{3}와 비교해 볼 때 청계천 수변, 제방, 50m, 100m, 200m 지점에서는 다소 분포량이 많았으나 종로 1가, 2가, 3가, 큰 사거리가 위치한 150m지점에서는 다소 낮게 측정되었다. 청계천 수변에서 거리가 멀어져 감에 따라 음이온 분포량이 낮아지는 경향을 보였으나, 200m지점에서는 주변에 위치한 탑골공원, 종묘, 종각 등 녹지의 영향(박소홍 외, 1998; 윤용한, 2004)으로 음이온 농도가 다소 높아지는 경향이 있었다.

3. 기상현황과 음이온 농도와의 상관성 분석

음이온 농도와 측정지점의 기온, 상대습도, 표면온도, 풍속, 조도 간의 상관성을 분석하기 위해 pearson상관계수로 분석한 결과(〈표 2〉), 기온의 경우 유의확률 0.031로 높은 상관관계를 나타내고 있고 상관계수는 부의 상관계수 -0.415로 음이온 농도와 기온은 반비례 관계인 것을 알 수 있었다. 상대습도의 경우 0.046의 유의확률로 기온과 마찬가지로 높은 상관관계를 나타내고 있으나, 기온과

〈표 2〉 기상인자와 음이온 농도 간의 상관성 분석

구분		음이온	기온	상대습도	표면온도	조도	풍향
기온	상관계수	-.415*	1				
	유의확률	.031					
상대습도	상관계수	.387*	-.969**	1			
	유의확률	.046	.000				
표면온도	상관계수	-.208	.541**	-.574**	1		
	유의확률	.297	.004	.002			
조도	상관계수	-.081	.308	-.286	.585**	1	
	유의확률	.687	.118	.149	.001		
풍향	상관계수	.484*	-.380	.385*	-.418*	-.329	1
	유의확률	.010	.051	.047	.030	.093	
풍속	상관계수	.559**	-.078	.046	.048	.227	.138
	유의확률	.002	.700	.752	.812	.256	.493

* 상관계수는 0.01수준에서 유의, ** 상관계수는 0.05수준에서 유의

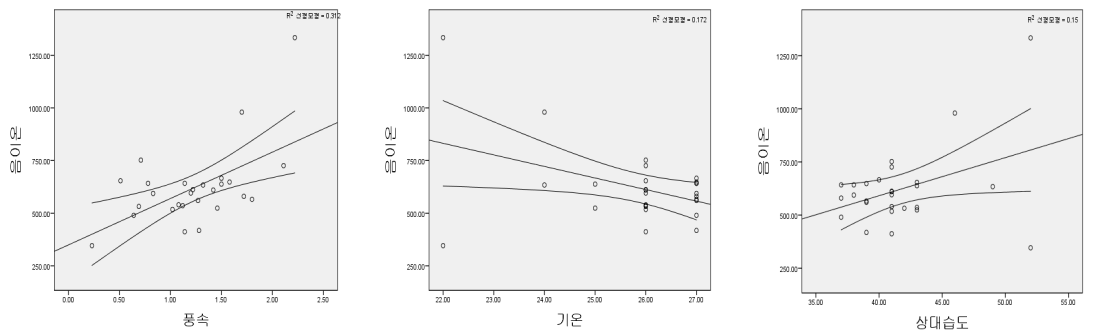
반대로 정의 상관계수 0.387로 음이온 농도와 정비례 관계인 것으로 분석되었다. 풍속은 유의확률 0.002로 가장 높은 상관관계로 나타났으며 기온과 마찬가지로 정의 상관계수 0.559로 음이온 농도와 정의 상관성으로 나타났다. 풍향의 경우 가변수로 입력하여 상관분석을 실시하였으며 8방위로 분류하여 상관분석을 실시한 결과, 북서풍에서 정의 상관계수 0.484, 유의확률 0.010으로 북서쪽에 위치한 북악산에서 부는 바람이 음이온의 분포에 긍정적인 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었다. 또한 표면온도와 조도에서는 유의확률이 각각 0.297, 0.687로 음이온 농도와의 유의성은 거의 없다는 것을 알 수 있다.

4. 기상현황과 음이온 농도 간의 다중회귀분석

상관성 분석에서 유의성이 검증된 기온, 상대습도, 풍속으로 음이온과의 인과관계를 파악하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다(〈표 3〉). 상관이 유의미한 풍속, 상대습도, 기온으로 다중회기분석을 실시한 결과, 상대습도와 기온의 경우 다중 공선성 통계량의 공차 평균은 1보다 낮았지만 VIF값에서 16.589, 16.622의 수치가 분석되면서 심각한 공선성의 존재가 확인되었다. 따라서 다중회귀분석표 2번의 모형이 가장 적합하다고 판단되었다(〈표 3〉).

〈표 3〉 음이온과 기후인자와의 다중회귀분석 결과

모형	비표준화계수		t	유의확률	공선성 통계량	
	B	표준오차			공차	VIF
1 (상수)	2395.927	3343.706		.481		
풍속	208.117	61.047	.528	.002	.992	1.008
상대습도	-6.643	29.080	-.144	.821	.060	16.589
기온	-67.880	83.231	-.513	.423	.060	16.622
2 (상수)	1642.131	530.331		.005		
풍속	208.774	59.763	.530	.002	.994	1.006
기온	-49.451	20.068	-.374	.021	.994	1.006



a: 풍속과 음이온 b: 기온과 음이온 c: 상대습도와 음이온

〈그림 5〉 음이온 농도 실측값과 기온, 풍속, 상대습도의 실측값 신뢰구간

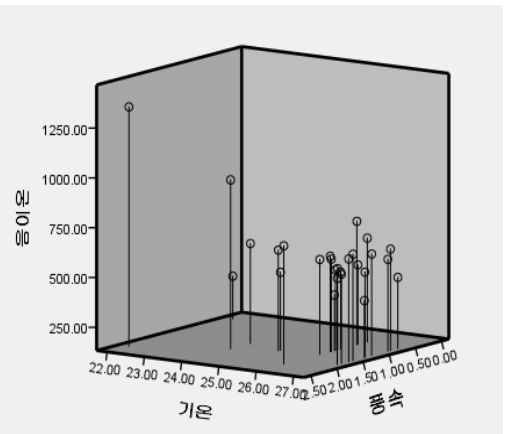
5. 음이온 농도 예측식

청계천 주변지역의 음이온 분포량과 기상 간의 다중회귀분석 결과 다음과 같은 청계천 주변지역 음이온 분포 예측식을 얻었다.

$$Y_1 = 208.117X_1$$

$$Y_2 = 208.774X_1 - 49.451X_2 + 1642.131$$

여기서 Y_1은 다중회귀분석 모형 중 1번 모형의 예측식이다. Y_1은 청계천 주변지역 음이온 분포량이며 X_1은 청계천 주변지역 풍속 실측값이다. 이때 음이온 분포량에 대한 결정계수 R^2는 0.381로 설명력이 38.1% 해석되었다. Y_2의 경우 공선성이 나타난 기온과 상대습도에서 상대습도를 제거한 결과로 X_1은 청계천 주변지역 풍속 실측값이며, X_2는 기온의 실측값이다. 2번 모형의 결정계수 R^2은 0.405로 설명력이 40.5%로 1번 모형보다 2.4% 정도 상승하였다. 〈표 3〉에서 나타난 2번 모형의 음이온 분포량 예측식에 따른 기온과 풍속의 실측값은 〈그림 6〉과 같다.



〈그림 6〉 음이온 농도에 따른 기온, 풍속 실측값

Ⅴ. 결론

본 연구는 청계천의 복원 효과를 검증하기 위해 치유의 대표적 인자인 음이온을 중심으로 청계천 및 주변의 거리에 따라 분포하는 음이온을 측정하고 통계적인 분석을 통하여 도시 관리 및 계획의 기초자료로 제공하고자 하였다.

연구대상지는 청계천 제1구역을 대상으로 하였으며 조사범위는 측정 지점에 영향을 미칠 수 있는 거리인 50m지점을 간격으로 설정하여 수변,

제방, 50m, 100m, 150m, 200m로 구분하여 총 27개소의 측정지점을 설정하여 기상요인과 음이온 농도를 실측하였다.

측정지점 유형별 주요 측정 및 분석결과는 다음과 같다.

첫째, 기온의 경우 수변에서 멀어질수록 상승하는 경향을 보였으며 100m지점 = 150m지점 〉 제방지점 〉 200m지점 〉 50m지점 〉 수변지점 순으로 높았다. 둘째, 상대습도의 경우 고온역에선 저습역, 저온역에서는 고습역이 나타나는 경향을 보였으며 수변지점 〉 제방지점 = 50m지점 〉 200m지점 〉 100m지점 〉 150m지점 순으로 측정되어 기온과 반대되는 경향을 보이고 있었다. 셋째, 풍속의 경우 제방지점 〉 수변지점 〉 100m지점 〉 50m지점 〉 200m지점 〉 150m지점 순이었다. 넷째, 측정지점별 음이온 분포량은 수변지점 〉 제방지점 〉 50m지점 〉 100m지점 〉 200m지점 〉 150m지점 순으로 많았다.

이상의 결과를 종합하면, 복원된 재생하천인 청계천 수변에서 가까울수록 음이온 농도와 상대습도는 높았고, 기온은 저감되는 경향이었으며, 수변으로부터 거리가 멀어질수록 이와는 반대되는 경향이었다. 특히 교통량이 많은 교차로가 위치한 150m지점에서는 음이온이 가장 낮게 측정되었으며, 거리상 가장 먼 200m지점에서는 주변에 위치한 대규모 녹지로 인하여 음이온 농도가 소폭 상승한 것으로 판단되었다.

음이온 농도와 통계적 분석에서도 상관분석 결과 기온과 풍속, 상대습도에서 상관성이 유의하다고 분석되었으며 기온과는 부의 상관성, 풍속과 상대습도와는 정의 상관성이 나타나 이를 뒷받침해주고 있으며 상관성이 나타난 기온, 풍속, 상대습도와 음이온 분포량과의 회귀분석 결과 기온과 상대습도와의 깊은 연관성으로 공선성이 나타나 각각 요인들이 음이온 분포에 미치는 영향을 파악하기는 힘들었으나 $Y=208.774X_1-49.451X_2+1642.131$ (X_1=풍속, X_2=기온)의 예측식을 얻었으며 결정계수 R^2이 0.405로 나타나 설명력은 40.5%로 분석되었다.

향후 쾌적한 도시 관리 및 계획의 확보를 위해서는 도심지의 하천 개발·복원 시 직강형 하천보다는 생태복원형 하천으로 하여 음이온 분포량을 증가시켜 도시민들의 건강적 측면을 적극 고려해야 할 것이다. 향후 청계천 하천구조에 따른 내부 음이온 분포, 생태복원형 하천에서의 식재구조에 따른 음이온 분포량, 계절에 따른 음이온 분포량, 이동식 조사, 측정지점의 다양화 등에 의한 다양한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

권병혁·김해동·김희종·김동수·홍기만, 2005, "청계천에서 관측한 열플럭스의 변화", 「한국기상학회 가을 학술대회 논문집」.

김시경·신원섭·김미경, 2008, "산림 건강 물질이 스트레스 반응과 인지기능에 미치는 영향: 음이온을 중심으로", 「한국임학회지」, 97(4): 423~430, 한국임학회.

김재욱·이동근·오규식·성현찬, 2003, "하천 및 녹지와 온도의 관계에 대한 기초적 연구", 「한국환경복원녹화기술학회지」, 6(3): 79~85, 한국환경복원녹화기술학회.

노성진·김현준, 2006, "청계천 유역의 물순환 해석과 물순환 건전화 대안 평가", 「한국방재학회지」, 6(2): 11~18, 한국방재학회.

박소홍·이용범·배공영·近藤三雄, 1998, "식물에서 음이온 생성과 그게 관여하는 요인", 「Horticulture, environment, and biotechnology」, 39(1): 115~118, 한국원예학회.

엄태원·김갑태, 2010, "양양군 국유림 지역의 음이온 농도와 임상, 숲 관련인자와의 상관", 「한국환경생태

학회지」, 24(5): 539~546, 한국환경생태학회.
유리화・정성애, 2009, "산림의 건강증진 및 질병예방 효과 활용사례 분석: 일본 삼림세라피 인증을 중심으로", 「한국산림휴양학회지」, 13(2): 45~51, 한국산림휴양학회.
윤용한, 2004, "도시녹지가 미기상 조절에 미치는 실증적 연구", 「한국환경과학회지」, 22(2): 279~286, 한국환경과학회.
윤용한・배병호・김원태・박봉주・조성모・조현수, 2007, "토지이용형태가 도시열섬현상에 미치는 영향: 충주시를 사례로", 「한국환경과학회지」, 16(9): 1063~1069, 한국환경과학회.
윤용한・오득균・김정호, 2012, "쾌적한 도시환경을 위한 여름철 도시생태 특성별 음이온 분포 및 상관성 분석", 「한국도시설계학회지」, 13(1): 51~62, 한국도시설계학회.
이진희, 2004, "실내식물의 음이온 방출에 관한 연구", 「실내조경」, 6(2): 53~66, 한국실내조경협회.
이진희・윤평섭, 2003, "실내조경식물의 음이온 방출 효과를 이용한 실내 오염제거 기작과 효율", 「한국식물・인간・환경학회지」, 6(4): 81~92.
이철선, 2005, "음이온 발생을 이용한 새집증후군 처리방법에 대한 연구", 연세대학교 대학원 석사학위논문.
이청호, 2009, 「기적의 음이온」, 모아북스, 서울.
이해철, 2004, "음이온 환경이 인체에 미치는 영향", 충북대학교 대학원 석사학위논문.
장영기・김정・김호정・김운수, 2010, "청계천복원공사에 따른 청계천과 주변지역의 대기질 변화분석", 「환경영향평가」, 19(1): 99~106, 한국환경영향평가학회.
전경수・조용복, 2009, "숲 내 음이온 함유량에 관한 연구", 한국산림휴양학회 임시총회 및 추계학술대회.
조용복, 2009, "치유의 숲 적정입지 평가모형 개발 및 유형구분에 관한 연구", 원광대학교 대학원 박사학위논문.
지철근, 2003, 「음이온의 효능」, 1판, 리빙북스, 서울.
최준길・변화근・권용수・박영석, 2008, "복원된 청계천에 서식하는 어류군집의 시공간적 변화", 「한국하천호수학회지」, 41(3): 374~381, 한국하천호수학회.
한수곤・허정호, 2006, "청계천 복구에 따른 주변건물의 냉방부하 저감효과에 관한 연구", 「대한건축학회 학술발표대회 논문집」, 26(1): 26~27, 대한건축학회.
황건중・이문수・나도영, 1998, "음이온 발생 공기청정기에 의한 밀폐된 실내공간에서의 ETS 성분 변화", 「한국담배과학회지」, 20(1): 124~130, 한국담배과학회.
황지영・조기찬・양승우, 2011, "서울도심부 청계천 이용자 형태분석에 관한 연구", 「대한건축학회지」, 제27권 제2호: 185~192, 대한건축학회.
渡邊一郎・野宮法史・眞野行生, 1996, "負イオンザウナ浴がヒトの循環動態にえる影響", 「臨床環境醫學」, 5号: 12~17.
山野井昇, 1998, "負イオン環境下における人間の疲勞と快適性の實驗的評", 「靜電氣學會誌」, 22券 4号: 199~203.
Karjalainen, E., Sarjala, T. and Raitio, H., 2010, "Promoting human health through forests: Overview and major challenges", *Environ. Health Prev. Med.*, 15: 1~8.
Krueger, A. P. and Reed, E. J., 2006, "Biological impact of small air ions", *Science*, 193(4259): 1209~1213.

원 고 접 수 일 : 2012년 6월 22일
1차심사완료일 : 2012년 7월 20일
최종원고채택일 : 2012년 7월 27일