

연구논문

도시하천의 바람 특성
- 서울 강남구 양재천을 대상으로 -

이상정 · 이원보 · 김문성 · 이규석

성균관대학교 조경학과

(2011년 11월 14일 접수, 2012년 1월 26일 승인)

Wind Characteristics at Urban Stream
- Case of Yangjae Stream at Gangnam-gu in Seoul -

Lee, Sang-jeong · Lee, Won-bo · Jin, Wen-Cheng · Lee, Kyoo-seock

Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Korea

(Manuscript received 14 November 2011; accepted 26 January 2012)

Abstract

Global warming due to the climate change causes environmental problems such as urban heat island (UHI), air pollutant deposition, urban heavy rainfall, etc. Urban stream plays an important role on mitigating UHI as open space as well as an ecological corridor in urban area. In order to investigate the wind characteristics of urban stream in the case of Yangjae Stream at Daechi-dong, Gangnam-gu in Seoul, the wind direction and wind speed data were observed and analyzed using a propellor type RM-Young wind monitor. The results show that the prevailing wind direction was southwest. However, easterly wind is the prevailing one between 8:00 and 12:00. Strong wind whose Beaufort scale is four or more blew frequently from 12:00 to 18:00. In terms of seasonal frequency, the spring shows the highest frequency, then winter was the next.

Keywords : Beaufort scale, Wind direction, Prevailing wind

1. 서론

도시하천은 자연의 조절 작용에 의해 범람, 가뭄, 침식, 퇴적물, 양분 이동, 어류군의 변동, 식생천이 등 경관생태학적으로 다양한 활동이 발생하는 가장 역동적인 장소이다(홍선기·김동엽 역, 2000). 종래에는 도시하천에 관한 연구는 주로 생태통로의 공간분석과 평가(정종철, 1997), 기능을 상실한 보철거를 통한 하천생태통로 복원 연구(안홍규, 2006), 생태통로를 이용한 야생동물 보호 방안 연구(홍선화, 2005), 생태통로 조성 국내외 사례조사를 통한 개선과제연구(김명수 등, 2005) 등 생태적 기능 및 역할에 초점을 맞춰 이루어져 왔다. 도시하천은 수체에 의한 열섬저감효과와 연속적 회랑인 바람길(風道)을 형성하며(정창원, 2004), 도시하천의 도시기후개선에 기여하고 있다. 한국에서는 복원된 양재천(Lee et al., 2010)과 청계천(김연희 등, 2005; 김규량 등, 2007) 및 그 주변지역의 기온 관측, 비교를 통한 도시 하천의 기온저감효과에 관한 연구가 수행되었으며 도시하천의 바람 특성에 관한 연구는 아직 없는 실정이다.

바람길은 해당지역의 건물 형상이나 배치형태 등의 고정적 요인 뿐 아니라 기상학적조건(풍향, 풍속, 대기안정도 등)등의 가변적 요인에 따라서도 변화하며 이에 따른 기류의 소통 혹은 차단 등에 의해 대기질에 직접적 영향을 미칠 수 있다. 따라서 바람길 변화 분석은 택지개발계획 대상지역에서 미래의 대기오염을 원천적으로 최소화할 수 있는 방안을 제시할 수 있으며, 인공 구조물(고층건물 등)이 조밀하게 분포하는 도시지역의 쾌적한 대기환경을 위한 바람길 조성은 최근 들어 많은 주목을 받고 있는 추세이다(주현수 등, 2006). 특히 기후변화에 따른 지구온난화 등의 영향으로 도시지역에서는 도시열섬, 열대야 현상이 두드러지게 나타나고 있어 쾌적한 도시주거환경에 영향을 미치고 있다. 또한 최근 한국의 도시하천 주변에는 고층 건축물들이 무분별하게 세워지고 있는 실정이며, 그 영향으로 주변의 기후를 변화시키는 등(김재철·이규석, 2007) 오픈스페이스(openspace)로서 하천의 역할을 충분히

수행하지 못하고 있다. 그러므로 본 연구는 도시하천의 바람특성을 파악함으로써 하천이 주변지역에 미치는 도시미기후학적 특성을 파악하는 데에 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 대상지

본 연구대상지는 서울시 강남구에 위치한 양재천이다(Figure 1). 양재천은 북쪽으로 매봉산, 우면산, 관악산으로 이어지는 능선과 남쪽으로 대모산, 구룡산, 청계산으로 이어지는 능선사이의 계곡을 흐르는 도시하천으로서 하루 중 산풍과 곡풍이 교대로 불고 자연형 하천 복원사업의 결과 현재 강남구의 중요한 오픈스페이스로서 도시민의 쉼터로 이용되고 있다. 총 연장 15.6km에 달하는 양재천은 관악산, 청계산에서 발원하여 과천 구간을 거쳐 서울 강남을 흐르는 한강 지류 중 하나이다. 본래 사행하는 하천이었던 것이 1970년대 ‘개포토지구획정리사업’으로 직강화 되었다. 본 연구에서는 양재천 구간중 대치동에 자동기상관측 장치 (Automaric

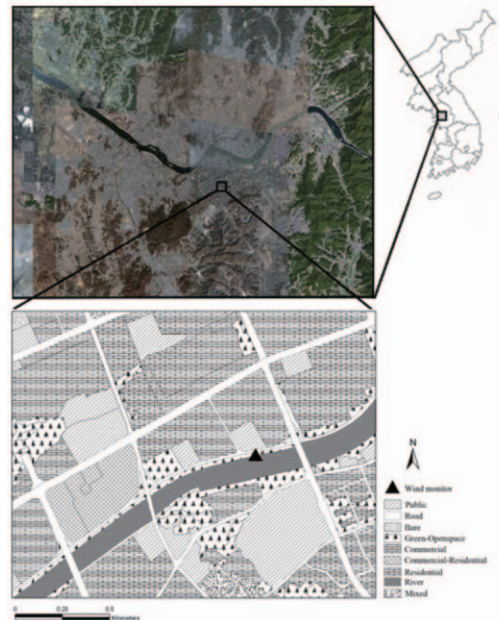


Figure 1. Study site

Table 1. Beaufort scale and condition

Beaufort scale	Wind speed (m/s)	Condition
0	0-1.2	Calm smoke rises vertically.
1	1.3-1.5	Wind motion visible in smoke.
2	1.6-3.3	Wind felt on exposed skin. Leaves rustle.
3	3.4-5.4	Leaves and smaller twigs in constant motion.
4	5.5-7.9	Dust and loose paper rose.
		Small branches begin to move.
5	8.0-10.7	Smaller trees sway.
6	10.8-13.8	Large branches in motion.
		Whistling heard in overhead wires.
		Umbrella use becomes difficult.
7	13.9-17.1	Whole trees in motion.
		Effort needed to walk against the wind.
8	17.2-20.7	Twigs broken from trees.
		Cars veer on road.
9	20.8-24.4	Light structure damage.
10	24.5-28.4	Trees uprooted.
		Considerable structural damage.
11	28.5-32.6	Widespread structural damage.
12	32.7-40.8	Considerable and widespread damage to structures.

source: http://en.wikipedia.org/wiki/Beaufort_scale

Weathering Station, AWS)를 설치하여 관측하였다. 연구대상지인 양재천 북쪽의 대치역 4거리는 2011년 7월 26일부터 7월 27일까지 발생한 도시집중호우로 지하철역 부근이 침수되면서 다수의 사망자가 발생하고 단전, 단수되는 불편을 거주민들이 겪었고 과거에도 수 차례 침수가 발생한 집중호우에 취약한 지역이며 Zheng *et al.*(2011)에 의하면 2010년 9월부터 2011년 8월까지 연강수량이 3144mm에 도달해 한반도의 도시 내 강수량으로서는 매우 높은 강수량을 기록한 독특한 도시미기후특성을 보여주는 지역이다. Figure 1은 본 연구에서 사용한 AWS가 설치된 지점을 보여주고 있다.

2. 자료관측 및 분석

본 연구에서는 양재천의 미기후를 파악하고자 풍향과 풍속 관측결과를 바탕으로 양재천의 탁월풍을 파악하고 풍속의 빈도나 강도를 통해 미기후특성을 파악하고자 하였다. 연구대상지에 RM-Young 프로펠러형 풍향풍속계(Model 05103)를 설치하여

2009년 9월 16일부터 2011년 4월 10일까지 10분 간격으로 순간최대풍속, 평균풍속 과 해당 풍향을 관측한 후 관측된 자료를 바탕으로 풍속은 Beaufort등급(Table 1), 풍향은 바람장미를 이용하여 분석하였고 Beaufort 4등급이상 풍속데이터를 강풍으로 분류 강풍의 발생 빈도를 시간별과 계절별로 분류, 그 특성을 파악하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 풍향별 및 등급별 발생빈도

연구대상지내 총 관측 자료 82345회를 대상으로 먼저 풍향을 바람장미를 통해 분석하였다. 결과는 남서풍 33650회(40.86%)이 가장 빈도가 높았고, 동풍 18086회(21.96%), 서풍 11431회(13.88%), 남동풍 9028회(10.96%), 남풍 7339회(8.91%), 북동풍 2409회(2.93%), 북서풍 349회(0.42%), 북풍 53회(0.06%) 순으로 관측되었다. 총 82345회로서

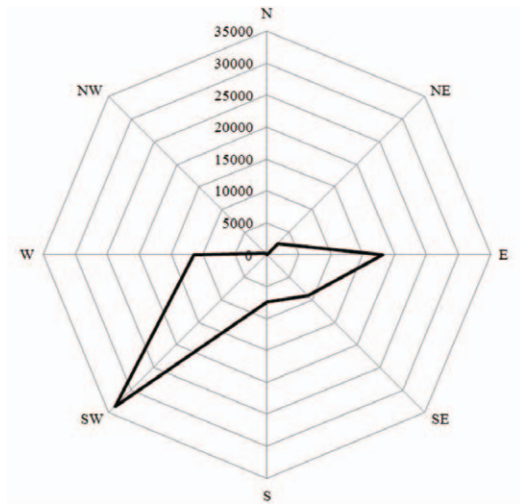


Figure 2. Wind rose for Yangjae Stream

전체의 40.86%가 남서풍으로서 가장 높은 빈도를 차지하여 탁월풍은 남서풍임을 알 수 있었다. Figure 2는 본 연구 대상지 양재천의 풍향을 바람 장미로 표현하였다. Figure 2에서 보듯이 양재천의 풍향 특성은 남서풍 - 동풍 - 서풍 - 남동풍 - 남풍의 순으로 바람이 많이 불므로 동쪽으로 이동하는 강우전선이 정체되면 대치동의 지형효과와 상승해 단위시간당 집중호우를 유발할 수 있는 지형기후특성을 가지게 되므로 도시계획에서 이를 고려할 필요가 있다.

양재천은 과천시 중앙동의 관악산 남동쪽 기슭에서 발원하여 북동쪽으로 흘러, 서울 서초구, 강남구를 가로질러 탄천으로 흘러든다. 본래 이 하천은 한강으로 직접 흘러들었으나, 1970년대 초 수로변경공사에 의해 탄천의 지류로 수계가 바뀌었다(Figure 3). 양재천의 주풍향이 하천의 유속 방향과 일치하는 것을 알 수 있으며 이것은 하천을 따라 연속적인 바람길을 형성하기 때문에 파악된다. 양재천 상류 지역의 대기오염원에서 발생하는 오염물질은 하천 바람길을 따라 북동방향의 대치동 쪽으로 이동함을 알 수 있어 양재천 상류지역의 대기오염발생원은 도시계획상 억제하는 것이 바람직하며 남부순환로와 대치동 서쪽에 위치한 초고층건물에 의한 오염물질의 이동경로가 되리라 판단된다.

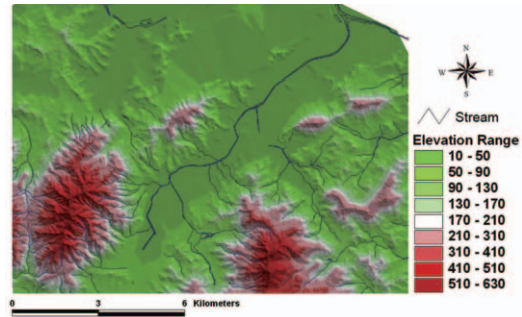


Figure 3. Topography of Yangjae Stream

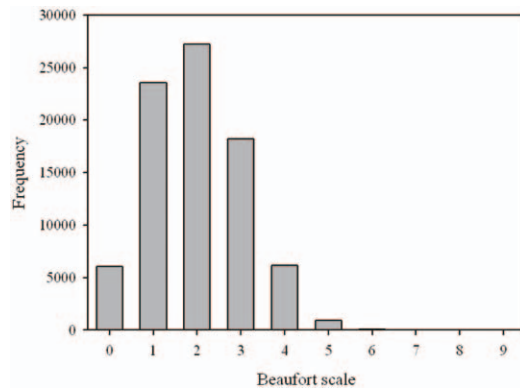


Figure 4. Frequency of wind speed of Yangjae Stream by Beaufort scale

풍속은 Beaufort 등급을 이용해 분석한 결과, 2등급 27261회(33.11%), 1등급 23587회(28.64%), 3등급 18221회(22.13%), 4등급 6188회(7.51%), 0등급 6065회(7.37%), 5등급 933회(1.13%), 6등급 78회(0.09%), 7등급 5회(0.01%), 8등급 4회(0.005%), 9등급 3회(0.004%) 순으로 분류되었고 관측지점의 Beaufort등급 중 2등급이 빈도가 가장 높게 관측되었다(Figure 4). 최고 순간풍속은 2010년 9월 2일 7시 남풍 23.4m/sec를 기록하였다. 이 때는 태풍 곤파스가 연구대상지를 강타하였고 양재천 강수량은 11mm/hr를 기록하였다(Figure 5). 태풍 곤파스가 발생하였던 2010년 9월 2일의 강풍을 제외하면 2010년 3월16일 4시에 남서풍 14.5m/sec가 최고 순간풍속이었다. 이때 저기압 중심이 일본 열도 북부 동해상에 위치하였고 한반도는 저기압 가장자리에 있고 기압경도가 심하기 때문에 바람이 강하고 구름이 많은 날씨였다(Figure 6).

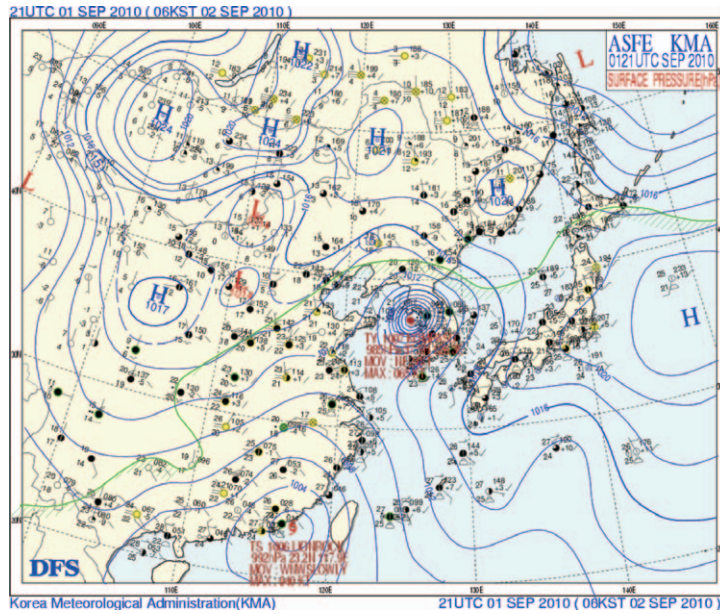


Figure 5. Weather map when the max. instantaneous wind speed occurred

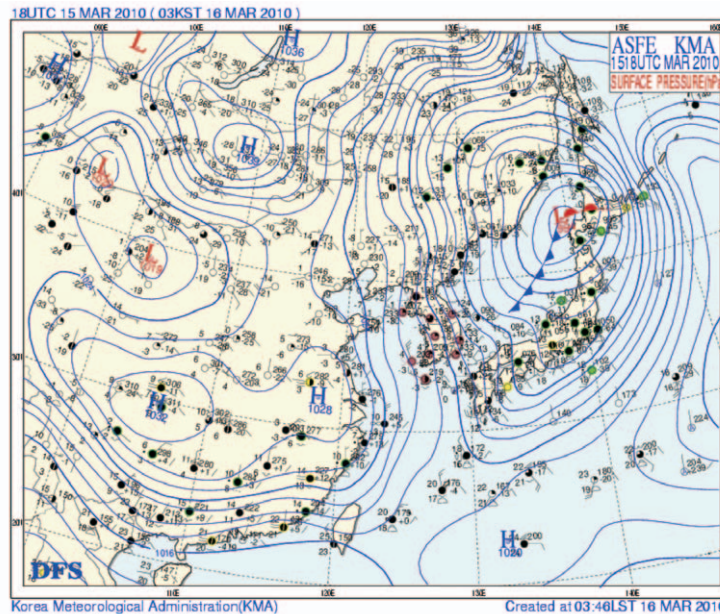


Figure 6. Weather map when the max. instantaneous wind speed occurred except data when Typhoon Kompasu took place

2. 일중 풍향 비교

일중 시간별 풍향을 분석하기 위하여 두 시간별로 각 풍향을 관측하였다. 오전 8~12시를 제외한 모든 시간의 탁월풍은 남서풍이고 오전 8~12시는 동풍이었다. Figure 7은 남서풍이 가장 강하게 나

타나는 오후 8~12시와 동풍이 가장 강하게 나타나는 오전 8~12시를 바람장미로 비교하였다. Figure 3에서 보듯이 밤에 관악산, 청계산 쪽에서 불어오던 남서풍이 오전에 동풍으로 바뀌는 것은 양재천은 매봉산, 우면산, 관악산, 대모산, 구룡산, 청계산의

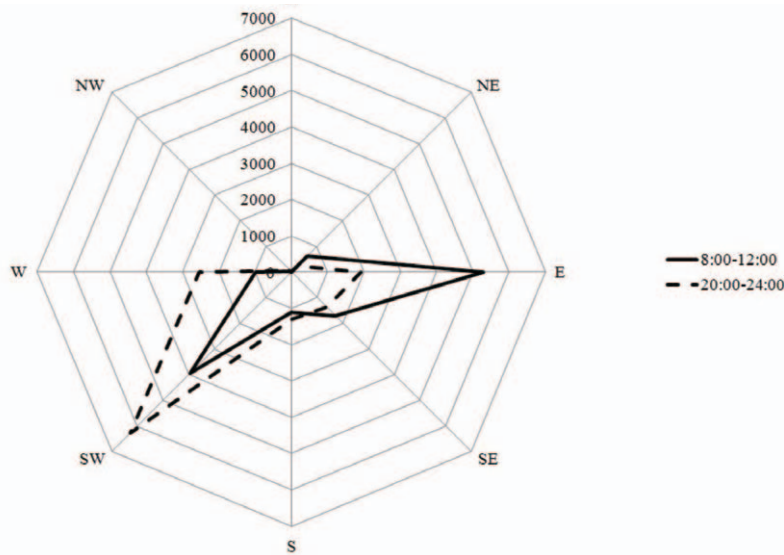


Figure 7. Wind rose for different time

로 이어지는 일종의 계곡형 지형을 흐르는 하천으로서 야간에 냉각되었던 산지의 기온이 일출 후 상승하여 오전에 산풍이 약해지면서 동풍이 부는 것으로 판단된다. 이와 같은 국지풍 영향 외에도 동해상에 발달한 고기압에 의해 서울지방의 주풍향인 서풍과 반대 방향의 동풍이 불 수 있으며 이 때 강우전선이 서풍을 타고 진행하다가 동쪽 고기압에 의한 동풍에 의해 막히면 도시 강우전선(Urban squall line)을 형성해 대치동에 집중호우가 내리게 되므로 이에 대한 지형 기후학적 연구가 더 필요하다고 판단된다.

3. 일중 강풍 발생빈도 및 풍속

풍속의 Beaufort 등급분포 중 7, 8, 9 등급은 빈도가 매우 낮아 그래프 상에는 거의 나타나지 않고 4등급이 상대적으로 높은 빈도를 가지고 있는 것을 알 수 있다(Figure 8). 또한, 12~18시에서는 비교적 높은 등급에서 빈도가 높은 것을 알 수 있다. 바람은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 부는데 아침에는 지표면의 일사량이 많지 않지만 정오를 지나면서 일사량이 많아지면서(Ahrens, 2008) 토지피복면의 알베도의 차이에 따른 온도 변화로 공기밀도가 변화하여 기압차가 심한 오후에 하루 중 풍속

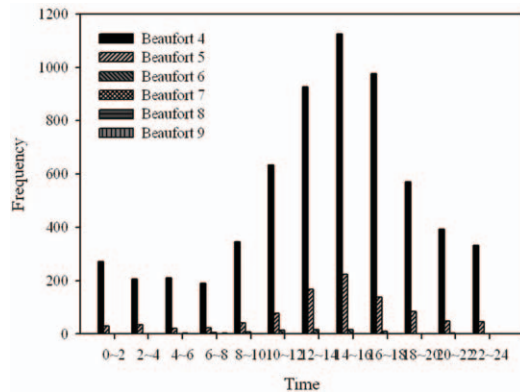


Figure 8. Hourly frequency of Strong Wind (Beaufort 4 or more)

이 가장 높은 게 일반적이며 이는 본 연구에서도 확인되었다.

4. 계절별 강풍 발생빈도 및 풍향

Beaufort 4등급이상 강풍은 봄이 빈도가 가장 높았으며 겨울, 가을, 여름 순으로 빈도가 높았다. 가을과 여름은 봄과 겨울에 비해 상대적으로 적게 불었다(Figure 9). 김재철과 이규석(2007)은 초고층건물 탁월풍 방향을 분석하였는데 양재천 관측스테이션에서 동쪽으로 약 1.2km 떨어진 고층건물 풍상면 관측스테이션의 풍속도 봄에 가장 강하고

겨울, 가을, 여름의 순으로 나타난다고 하였는데 본 연구의 양재천 계절별 강풍 빈도도 이와 같은 결과를 보여주고 있다. 봄철과 겨울철에 미세먼지, 비산 먼지 등 에어로졸의 확산이 심하리라 판단되므로 대상지역에서 봄철과 겨울철 오후의 야외 활동은 오염물질을 흡입할 확률이 높다고 판단된다.

계절별 풍향은 SW(남서풍)의 발생빈도가 가장 높아 탁월풍인 것을 알 수 있다. 남서풍 다음으로 동풍의 빈도가 높다. 이것은 앞에서 언급했듯이 오전 8~12시의 주풍향이 동풍이었기 때문에 두 번째로 빈도가 높은 풍향이 동풍인 것으로 보인다. 계절

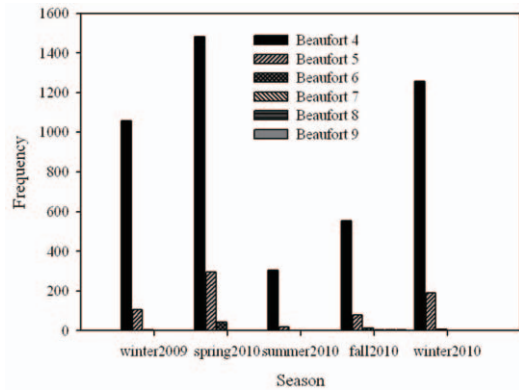


Figure 9. Seasonal frequency of wind speed whose Beaufort scale is 4 or more

별 바람장미를 분석해 본 결과 봄, 여름, 가을, 겨울 (2010), 겨울(2009) 순으로 SW(남서풍)에 대한 빈도가 높은 것으로 나타났다(Figure 10).

IV. 결론

본 연구는 서울시 강남구 양재천의 바람특성을 파악하고자 2009년 9월 16일부터 2011년 4월 10일까지 관측한 바람 자료를 분석하였으며 그 결과 도출한 결론은 다음과 같다.

1. 양재천은 도시하천으로서 탁월풍은 남서풍이며 총82345회중 33650회(40.9%)를 기록하였다. 이는 양재천의 하천흐름 방향과 일치하여 하천이 바람길 역할을 하는 것을 확인할 수 있었다. 일중 풍향 변화는 오전8~12시는 탁월풍이 동풍이었으며 종관 기상상태에 의해 동쪽의 고기압 형성으로 인한 풍향 변화와 관련이 있다고 판단되며 강우전선이 동해상의 고기압에 의해 정체될 경우 대치동의 지형적 특성과 결합해 국지성 집중호우를 유발하므로 지형과 종관기상상태에 의한 하천 바람 특성의 기능 및 역할을 도시계획에 적용할 필요가 있다.

2. 풍속은 Beaufort 2등급이 27261회 (33.1%)로 가장 높은 빈도를 나타냈고, 12~18시에서는 강풍 등

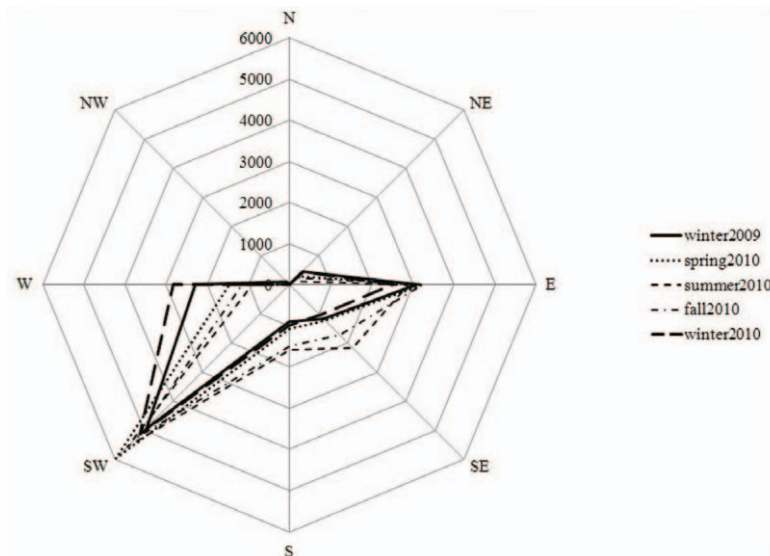


Figure 10. Seasonal wind rose for Yangjae Stream

급에서 빈도가 높은 것을 알 수 있다. 하루 중 오후에 풍속이 가장 강한 것은 본 연구에서도 확인되었다.

3. 계절별 Beaufort 4등급이상의 강풍의 발생빈도는 이동성 고기압과 저기압의 교차로 인해 봄철이 가장 높고 겨울, 가을, 여름 순으로 나타났다.

사 사

본 연구는 기상지진연구사업(CATER 2006-3302) 지원으로 수행되었으며 저자들은 이에 사의를 표합니다.

참고문헌

- 김규량, 권태현, 김연희, 구해정, 최병철, 2007, 청계천 복원에 따른 온습도의 시공간적 변화 관측, 한국기상학회 봄 학술대회 논문집, 458-489.
- 김연희, 류상범, 구해정, 권태현, 박일수, 2005, 청계천 복원에 따른 기상 환경 변화 분석, 한국대기환경학회 2005 추계학술대회 논문집, 153-154.
- 김명수, 허학영, 조수민, 신수안, 안동만 2005, 생태통로 조성 국내의 사례조사를 통한 개선 과제연구, 환경복원녹화, 8(2), 41-55.
- 김재철, 이규석 2007, 초고층건물 탁월풍 방향의 바람 특성에 관한 연구, 환경영향평가 16(6), 503-510.
- 안홍규, 2006, 기능을 상실한 보 철거를 통한 하천 생태통로 복원 연구, 대한토목학회 학술대회논문집, 10, 540-543.
- 정종철, 1995, 생태통로의 공간분석과 평가, 남서울대학교논문집, 15(1), 163-171.
- 정창원, 2004, 해안도시의 바람길 계획을 위한 하천공간의 열적 효과, 산업기술연구소 논문집, 8(1), 1-10.
- 주현수, 김석철, 반지영, 최순심 2006, 도시지역에서의 바람길과 대기질영향에 관한 연구, 한국환경정책평가연구원 연구보고서, 4, 1-235.
- 홍선기, 김동엽 역 2000 (Forman, R.T.T, Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions, 1995), 토지모자이크-지역 및 경관생태학, 성균관대학교 출판부, 225.
- 홍선화, 2005, 생태통로를 이용한 야생동물 보호 방안 연구, 석사학위논문, 서강대학교.
- Ahrens, D.C., 2008, Essentials of Meteorology. An Invitation to the Atmosphere 5th ed. Belmont. Thomson Brooks/Cole, 118-119.
- Chang, S.C., Tu, C.J., Chen, H.Y., 2010, Ecological Corridor in the Urban Area: Case Study in Kaohsiung City, Taiwan, Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste, 14(1), 76-88.
- Lee, K.S., Shin, D.H., Kim, J.C., Lee, S.H., Lee, H.J., Jin, W.C., Zheng, H.Y., 2010, Air temperature decreasing effects by restored urban stream, Journal of Environmental Impact Assessment, 19(1), 75-81.
- Romanowski, J, 2007, Vistula River Valley as the ecological corridor for mammals, Polish Journal of Ecology, 55(4), 805-819.
- Zheng, H.Y., Jin, R. Kim, D.J., Oh, S.N., Lee, K.S., 2011, Localize heavy rain and flood damage in Seoul, 2011, proceedings of the Autumn meeting of Korean Meteorological society, 144-145.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Beaufort_scale.