Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 21(1) 2018, pp. 115-127 ISSN 1226-9719(Print)On
https://doi.org/10.11108/kagis.2018.21.1.115 ISSN 2287-6952(Online)

도시 열환경 개선을 위한 바람길 관리 전략*
- 김해시를 사례로 -

엄정희[1] · 손정민[2] · 서경호[3] · 박경훈[4※]

Management Strategies of Ventilation Paths for Improving Thermal Environment*
- A Case Study of Gimhae, South Korea -

Jeong-Hee EUM[1] · Jeong-Min SON[2] · Kyeong-Ho SEO[3] · Kyung-Hun PARK[4※]

요 약

본 연구는 경상남도 김해시를 사례지역으로 선정하여, 열환경을 지속적으로 개선하기 위한 바람길 관리 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해, Landsat 8 위성영상자료 및 공간통계 분석을 통해 김해시 열섬의 Hot spot과 Cool spot 지역을 도출하고, 김해시의 열환경 취약지역을 파악하였다. 또한, 기상청에서 제공하는 풍력자원지도를 활용하여 김해시 바람길의 풍향 및 풍속을 분석을 하였다. 그 결과, Hot spot 지역인 진영읍, 진례면, 주촌면, 도심지 일대가 바람이 약한 지역과 유사한 것으로 나타났으며, 이는 도시의 기온과 바람 형성이 지형 및 토지이용의 변화에 따라 영향을 많이 받기 때문인 것으로 판단된다. 분석을 바탕으로 김해시의 바람길 관리 전략을 제시하면 다음과 같다. Hot spot 지역과 바람이 약한 지역에는 공통적으로 농업 및 공업단지가 분포하고 있었는데, 산업단지가 조성되어 있거나 조성중인 진영읍과 진례면에서 Hot spot 지역이 확대 · 강화될 우려가 있으므로, 바람길을 고려한 도시 및 건축계획이 요구된다. 산업단지 및 농공단지가 위치해 있는 주촌면은 고층 아파트 및 주촌선천지구 도시개발지구가 들어설 예정이므로, 현재에도 취약한 열환경이 향후 더 악화될 수 있으므로 이를 고려한 계획이 요구된다. 본 연구를 바탕으로 기후친화적 도시개발을 위한 바람길 계획을 수립하여 도시기본계획뿐만 아니라 도시재생 및 환경계획 분야에서 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 김해시의 기후변화 적응계획 수립을 위한 기초자료

2018년 3월 15일 접수 Received on March 15, 2018 / 2018년 3월 25일 수정 Revised on March 25, 2018 / 2018년 3월 26일 심사완료 Accepted on March 26, 2018
* 본 연구는 한국연구재단(과제번호 : 2015R1C1A2A01052513) 및 2017년도 경남녹색환경지원센터(17-11-1-90-94)의 연구사업비를 지원받아 수행되었음.
1 계명대학교 생태조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Keimyung University
2 계명대학교 건축학과 Dept. of Architecture, Graduate School, Keimyung University
3 창원대학교 친환경해양플랜트FEED 공학과 Dept. of Eco-friendly Offshore Plant FEED Engineering, Changwon National University
4 창원대학교 환경공학과 Dept. of Environmental Engineering, Changwon National University
※ Corresponding Author E-mail : landpkh@changwon.ac.kr

및 기후친화적인 도시개발을 위한 평가시스템을 구축하는데 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 바람길, Hot spot, Cool spot, 도시열섬, 기후친화적 도시개발

ABSTRACT

This study aims to propose management strategies of ventilation paths for improving urban thermal environments. For this purpose, Gimhae-si in Gyeongsangnamdo was selected as a study area. We analyzed hot spots and cool spots in Gimhae by using Landsat 8 satellite image data and spatial statistical analysis, and finally derived the vulnerable areas to thermal environment. In addition, the characteristics of ventilation paths including wind direction and wind speed were analyzed by using data of the wind resource map provided by Korea Meteorological Administration. As a result, it was found that a lot of hot spots were similar to those with weak wind such as Jinyoung-eup, Jillye-myeon, Juchon-myeon and the downtown area. Based on the analysis, management strategies of ventilation paths in Gimhye were presented as follows. Jinyoung-eup and Jillye-myeon with hot spot areas and week wind areas have a strong possibility that hot spot areas will be extended and strengthened, because industrial areas are being built. Hence, climate-friendly urban and architectural plans considering ventilation paths is required in these areas. In Juchon-myeon, where industrial complexes and agricultural complexes are located, climate-friendly plans are also required because high-rise apartment complexes and an urban development zone are planned, which may induce worse thermal environment in the future. It is expected that a planning of securing and enlarging ventilation paths will be established for climate-friendly urban management. and further the results will be utilized in urban renewal and environmental planning as well as urban basic plans. In addition, we expect that the results can be applied as basic data for climate change adaptation plan and the evaluation system for climate-friendly urban development of Gimhye.

KEYWORDS : Ventilation Path, Hot Spot, Cool Spot, Urban Heat Island, Climate-Friendly Urban Development

서 론

1. 연구의 배경 및 목적

도시화에 따른 급속한 인구밀도 증가와 과밀화된 개발로 인하여 도시지역에서는 녹지공간의 감소, 건물의 고층화 및 피복재질의 인공화로 인해 여름철 에너지 소비가 가중되고, 이는 주변 지역과 비교하여 도시지역의 온도가 더 높은 도시열섬현상을 야기시킨다. 도시열섬현상의 대책 마련을 위해서는 도시의 기후 환경에 대한 현황 조사를 통해 열섬이 발생하는 지역을 잘 파악해야 하며, 도시열섬을 저감할 수 있는 대책이 수립되어야 한다.

독일 슈트트가르트(Nachbarschaftsverband Stuttgart, 1992), 일본 도쿄(Tokyo Metropolitan Government, 2005), 홍콩(Ng *et al.*, 2008)등과 같은 국외 친환경 도시들은 도시열섬 현상

및 대기질 환경을 지속적으로 개선하기 위하여 도시기후에 대한 정밀한 진단을 바탕으로 도시 기후환경지도를 작성하고, 차고 신선한 공기의 흐름을 파악하여 바람길 조성 방안을 제시한 후, 도시 계획 단계에서 기후 친화적인 정책 결정을 지원하는데 활용하고 있다. 국외뿐만 아니라, 국내에서도 폭염일수의 증가와 도시열섬현상이 빈번히 발생되고 있는 상황에서 도시지역의 기후환경 및 바람길에 대한 관심이 높아지고 있다. 한 가지 사례로, 환경영향평가 가이드라인(Ministry of Environment, 2009)에서는 도시개발 분야 중 택지개발사업, 특히 대규모 신도시 건설에 대한 '기상' 분야 검토 시 '기상측정(현황조사), 바람장 분석(영향예측 및 평가), 바람길 확보방안(저감대책수립)' 등을 고려하였는지에 대해 검토하도록 하고 있다. 특히, 바람길 확보방안과 관련해서 구체적인 바람통로 설계전략을 '차고 신선한 공기의 생성지역에 대한 전략, 이동경로(바람통로)에 대한 전략, 수혜지역의 바람통로 설계 전략, 대기오염원을 입지지역과 차단' 의 4가지로 구분하여 제시하고 있다. 즉, 개발이 열환경에 미치는 영향을 개발계획 단계에서 객관적으로 평가하도록 하고 있는데, 이를 위해서는 바람길 파악과 바람길로 인한 수혜지역에 대한 분석 등 도시의 바람길 특성 분석이 선행되어야 한다.

이러한 중앙정부 차원에서의 가이드라인 이외에, 실제 도시를 대상으로 바람길에 대한 연구가 진행되어 왔다. 경기도 포천시(Son *et al.*, 2012), 부산, 울산 및 포항일대(Eum and Son, 2016), 전주 및 광주인근(Korea Forest Service, 2016)을 대상으로 한 연구에서는 도시주변의 산지를 대상으로 찬공기의 생성지역 및 이동 특성에 관해 분석하고, 이를 바탕으로 찬공기 생성지역 및 바람통로에 대한 관리전략을 제시하였다. 또한, 대구광역시(Kim and Jung, 2005), 서울특별시(Eum, 2008), 창원시(Song and Park, 2010), 대전광역시(Kim and Choi, 2013) 등 도시열섬으로 인한 열환경 문제가 더욱 심각한 광역도시를 대상으로 한 연구에서는 바람길에 대한 분석과 평가를 바탕으로 바람길을 도시계획에 적용하기 위한 방안을 제시하였다.

경상남도 김해시는 도시규모가 지속적으로 팽창하고 있으며 주거지와 공단이 인접해 있어 기후변화로 인한 열섬현상과 폭염과 같은 고온현상 및 대기오염현상이 복합적으로 발생하고 있는 지역이다. 특히, 오염배출 저감기술 도입 등 고온과 대기오염 문제를 해결하기 위한 방안으로 사용하고 있는 기술적 접근 방식은 쾌적한 도시환경을 지속적으로 유지하는데 한계가 있으므로, 도시풍에 의해 형성되는 바람길의 활용과 관리가 요구되고 있다. 따라서, 본 연구는 김해시의 열섬 및 대기질 환경을 지속적으로 개선하기 위한 바람길 관리 전략을 제시하고자 한다. 이를 위해, 김해시의 바람길을 분석하고, 바람길이 필요한 열환경 개선지역(수혜지역)을 파악한 후, 바람길을 유지하고 확대하기 위한 전략을 제시하고자 한다. 본 연구는 김해시의 도시기본계획 및 기후변화 적응계획 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이며, 전략환경영향평가 단계에서 기후친화적인 도시개발을 위한 평가시스템을 구축하는데 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

대상지 현황 및 연구방법

1. 연구 대상지

김해시는 서쪽으로 백두대간과 이어지는 낙남정맥이 이어져 있으며, 동쪽으로 낙동정맥이 지나가는 한반도의 동남단에 위치해 있다. 총 면적 463.26㎢의 김해시는 1개 읍(진영읍), 6개 면(주촌면, 진례면, 한림면, 생림면, 상동면, 대동면), 12개 동(동상동, 회현동, 부원동, 내외동, 북부동, 칠산서부동, 활천동, 삼안동, 불암동, 장유1동, 장유2동, 장유3동)으로 이루어져 있으며, 총 인구는 532,132명(2017년 12월 기준)이다. 동쪽으로는 부산광역시 및 양산시와 경계를 두고, 북으로는 낙동강을 경계로 밀양시와 접하며 남서쪽으로 창원시와 접하고 있다(그림 1).

동북부는 크고 작은 산이 많이 분포해 있으며, 남부와 북서부는 평야지대로 이루어져 있다. 산

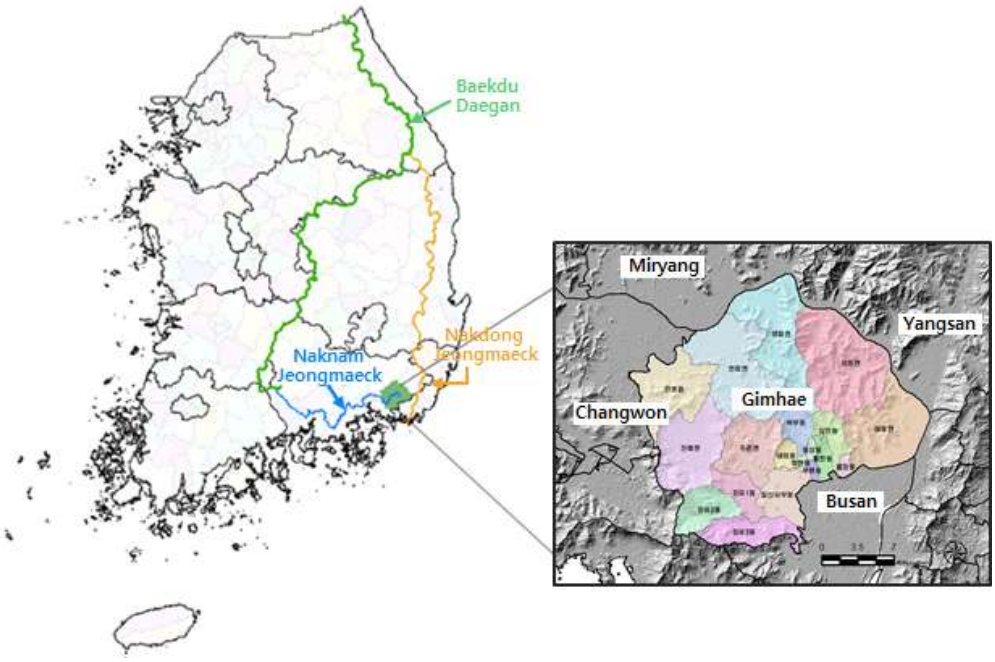
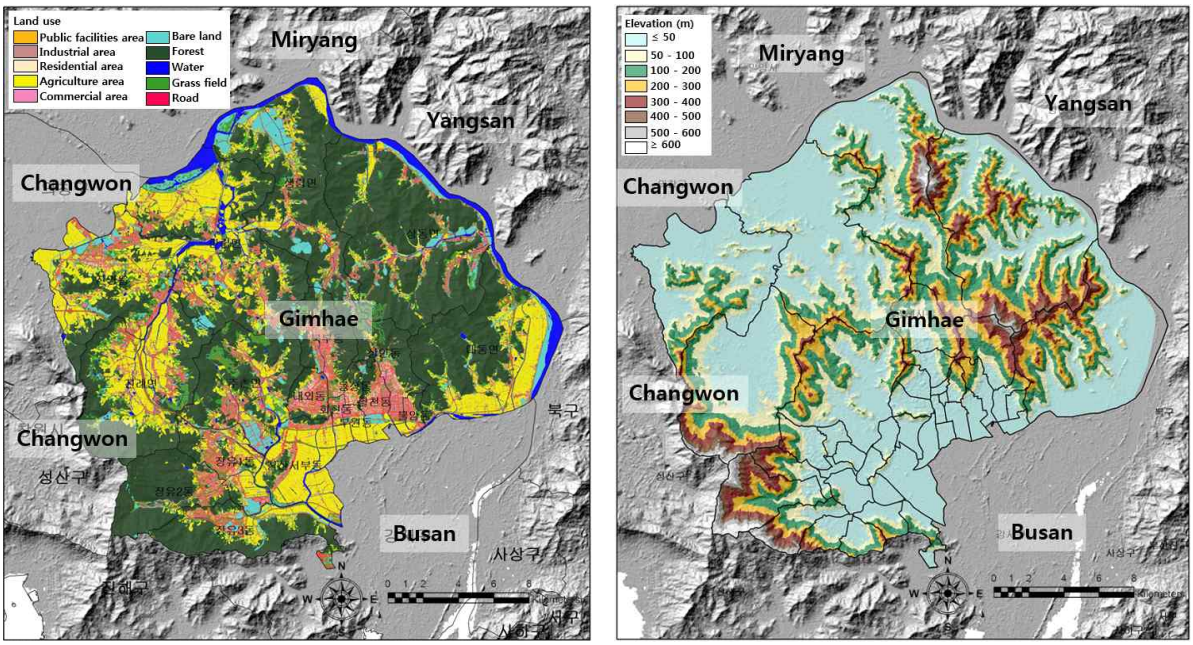


FIGURE 1. Study area



(a) Land use (b) Elevation

FIGURE 2. Basic information of Gimhye

림이 전체 면적 중 46.4%(213.9㎢)로 가장 큰 부분을 차지하고 있으며, 농업지역은 92㎢로 전체 면적 중 19.9%를 차지하는데 부산광역시와 인접한 김해평야 쪽에 주로 분포하고 있다.

수치지형도(1/5,000)를 이용하여 지형적 특성을 분석한 결과(그림 2), 표고가 50m 이하인

지역이 김해시 전체 면적의 44.9%이고, 50~100m인 지역이 14.8%로 김해시의 대부분이 100m 이하의 저지대로 나타나며, 도심지와 농경지가 위치한 김해평야 인근과 공장지대가 많은 진영읍, 진례면, 한림면에 분포하는 것으로 나타났다. 표고가 500m 이상인 지역은 전체면적의 1.9%로 분석되었다.

2. 연구방법

본 연구는 김해시의 열환경 개선을 위한 바람길 관리 전략을 제시하기 위해 다음과 같은 단계로 연구를 진행하였다.

먼저, 김해시의 열환경에 대해 파악하고자 표면온도(Land Surface Temperature) 분포도를 작성하였다. 2016년 8월 25일에 촬영된 Landsat 8 영상자료 중 해상도 100m×100m인 열적외선 밴드(band 10, band 11)를 사용하여 ArcGIS v.10.2의 래스터 계산기(raster calculator)를 통해 표면온도를 산출하였다. 우선 위성자료에서 관측된 복사량(L_λ)을 식 1을 이용해 환산하였다.

$$L_\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L \qquad (1)$$

이 때, M_L은 해당 밴드에 대한 Radiance multiplicative scaling factor, Q_{cal}은 해당 화소의 DN(Digit Number), A_L은 해당 밴드에 대한 Radiance additive scaling factor를 의미한다.

계산된 복사량을 바탕으로 지표온도는 식 2를 활용하여 위성영상의 DN 값을 반사도 값으로 변환한 후 절대 온도(T = ℃ + 273.15)값을 산출하여 온도(℃)값으로 보정하였다.

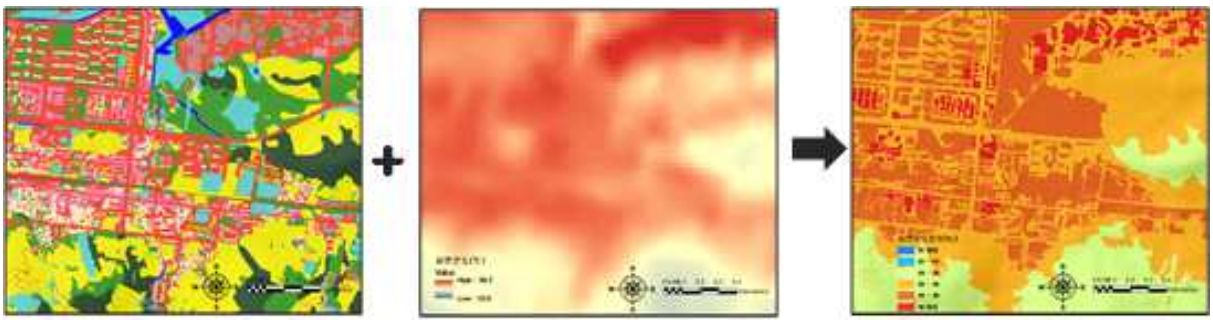
$$℃ = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}+1\right)} - 237.15 \qquad (2)$$

이 때, K_1과 K_2는 보정상수로써, 각각의 값은 표 1에 나타내었다.

TABLE 1. Landsat 8 thermal band calibration constants

Parameter	Band 10	Band 11
M_L	0.000334	0.000334
A_L	0.1	0.1
K_1	774.89	480.89
K_2	1321.08	1201.14

김해시 공간적 특성을 분류하기 위해서는 환경부에서 제공되는 세분류 토지피복도를 활용하였다. 김해시의 세분류 토지피복도는 총 34종류로 분류되어 있으며, 이를 기후톱 분류기준에 대한 선행 연구들을 참고하여 단독주거시설, 공공주거시설, 공공시설지역, 상업업무지역, 문화체육시설, 공업지역, 농어지역, 나지, 철도, 초지,



Land cover map | Land surface temperature (Landsat 8) | Thermal environment analysis map

FIGURE 3. Process of establishing the thermal environment analysis map

산림, 수역 등 13분류로 재분류하였다. 이와 같이 구축한 김해시 토지피복도와 표면온도 분포도를 이용하여 ArcGIS v.10.2 프로그램에서 중첩 분석(Zonal statics tool 사용)을 통해 김해시의 열환경 분석도를 제작하였다(그림 3).

다음으로, 김해시 열취약 지역을 파악하기 위해 열환경 분석도를 바탕으로 GIS 공간군집분석(Spatial clustering analysis)의 하나인 Hot spot 분석기법을 실시하였다. Hot spot 공간통계분석 결과로 도출되는 Gi* Z scores 값은 0에 가까우면 군집이 이질적으로 분포하며, 높으면 높은 속성 값들로, 낮으면 낮은 속성 값들로 군집이 형성된다(Song, 2014). 본 연구에서는 산출된 Gi* Z scores 값이 높은 곳을 Hot spot 지역, 낮은 곳을 Cool spot 지역으로 구분하여 열섬 지역을 도출하였다.

한편, 김해시 바람길 현황을 분석하기 위해서는 기상청 기상자료개방포털에서 제공하는 풍력기상자원지도를 활용하였다. 풍력기상자원지도는 기상청에서 최근 5년간 관측된 10m 높이의 500여개 지상관측지점 및 50m~80m 높이인 5개 고층관측지점의 고밀도 기상관측자료를 사용해서 구축된다. 본 연구에서는 csv 형태로 제공되는 10m 높이의 풍속 및 풍향 관측 데이터를 활용하였다. 먼저 csv 데이터를 포인트 데이터로 변환한 후 풍속 및 풍향을 나타내었고, 풍속의 경우 resampling 하여 해상도 1.2㎞×1.2㎞인 래스터 자료로 변환하였다.

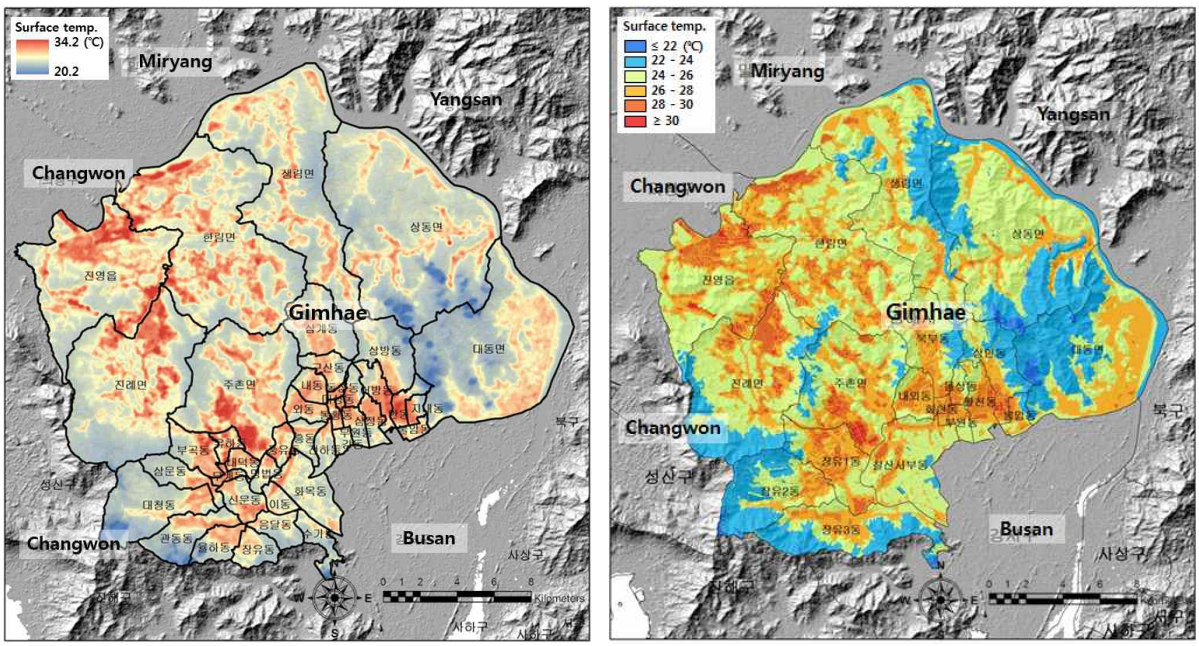
마지막으로, 앞서 도출된 열취약 지역인 Hot spot 지역과 바람길 분석 결과를 비교하고, 위성자료를 통해 토지이용 및 도시개발적 측면에서 살펴보았다. 이를 종합하여 김해시의 열환경을 개선할 수 있는 바람길 관리 전략을 제시하였다.

Results and Discussions

1. 열환경 분포도

1) 지표면온도 분석

Landsat 8 영상자료를 이용하여 추출된 김해시 전역의 지표면 온도 분포를 분석한 결과(그림 4(a)), 김해시 공단지역 일대의 지표면 온도



(a) Distribution of surface temperature (b) Analysis of thermal environment

FIGURE 4. Analysis of surface temperature in Gimhye

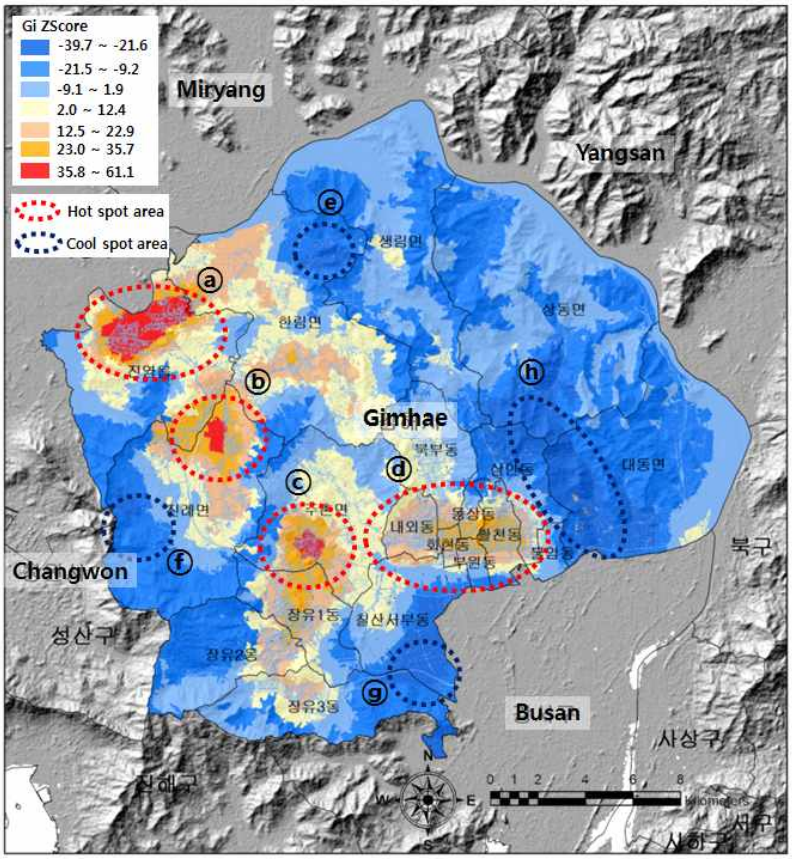


FIGURE 5. Hot spot and cool spot areas in Gimhye

가 높은 것으로 나타났고 산림과 하천 지역의 온도가 낮은 것으로 분석되었다. 즉, 공단이 위치한 북서부의 진영읍, 진례면, 주촌면과 주거 및 상업지역 밀집지역인 남부 도심지의 지표면 온도가 산림 및 녹지 공간이 많은 북동부 및 동부보다 높은 것을 확인할 수 있다. 그림 4(b)는 지표면 온도분석 결과를 바탕으로 재구성한 김해시 열환경 분석도이다.

2) Hot spot 및 Cool spot 분석

열환경 분석도를 활용하여 GIS 공간통계 Hot spot 분석을 통해 김해시의 열섬 Hot spot 지역을 도출하였다(그림 5). 분석 결과, Hot spot 지역은 공업지역(김해주호 일반산업단지 등) 및 대규모 아파트 단지가 위치한 진영읍(a), 비닐하우스 중심의 농업지역 및 공업지역(김해테크노밸리 일반산업단지 공사 중)이 위치한 진례면(b), 농공단지(김해내삼 농공단지)가 위치한 주촌면(c)에서 도출되었고, 김해시청이 위치해 있는 도심지(d)도 열환경 취약지역으로 분석되었다.

같은 방법으로 분석한 김해시의 Cool spot 지역은 대부분 산림 및 농경지에서 도출되었다. Cool spot 지역은 총 4개 지점으로 선정하였는데, 한림면과 생림면 경계의 작약산(360m) 인근(e), 창원시와 김해시 경계지역에 위치하며 낙남정맥의 일부인 진례면의 비음산(510m) 인근(f), 칠산서부동의 대규모 농지(g), 김해시 도심지와 인접한 대동면의 신어산(630m) 일대(h)가 Cool spot으로써 김해 도심지의 도시열섬완화에 도움이 될 것으로 판단된다.

2. 김해시 바람길 분석

기상청의 풍력기상자원지도에서 도출한 김해시의 바람길 분석 결과는 그림 6과 같다. 지상

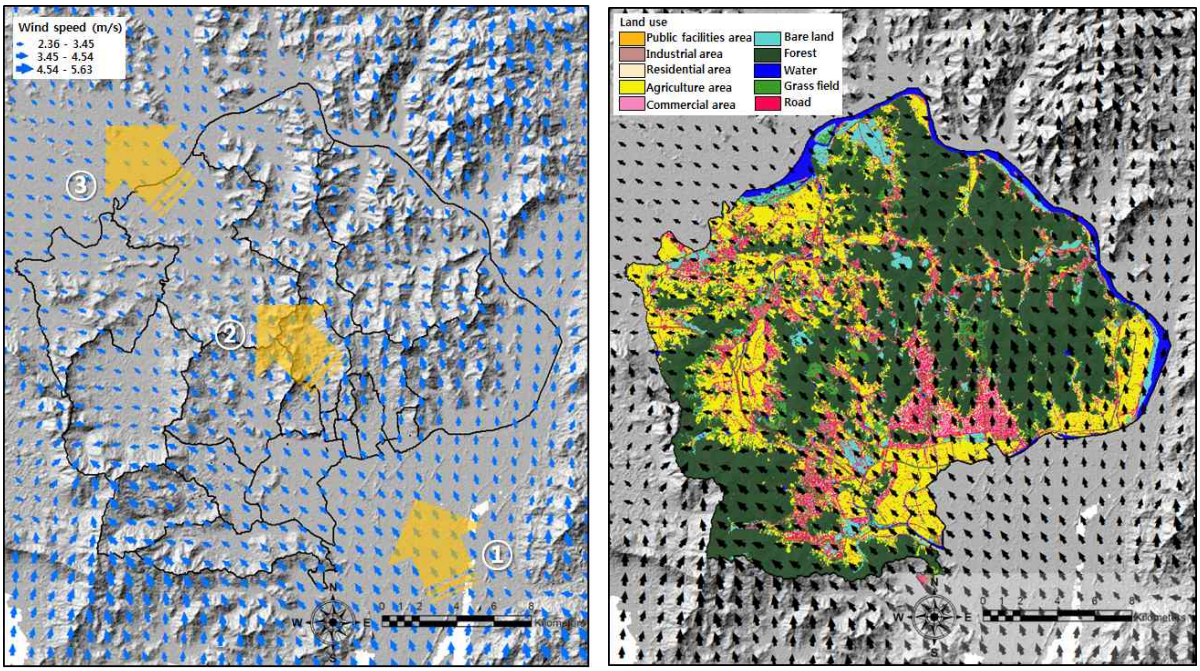


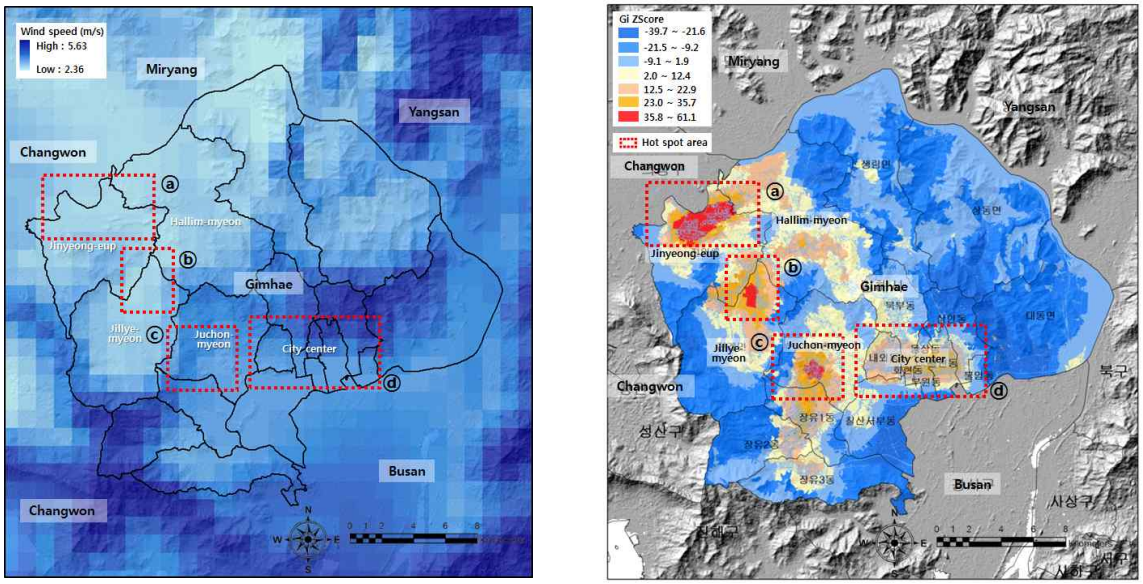
FIGURE 6. Wind speed and directions presented with topography and land use

10m 높이에서의 평균 풍속은 약 3.42m/s로 남동쪽에서 북서쪽으로 바람이 흐르고 있다. 김해시 남쪽부근에 위치한 부산 강서구 일대의 대규모 농경지에서 발달된 바람(①)이 김해시 남동쪽으로 강하게 흘러들어오고 있으며, 김해시 중심지를 지나면서(②) 북서쪽으로 갈수록 그 흐름이 약해지고 있다(③). 김해시를 가로질러 분포하고 있는 산지로 인해 북쪽으로 갈수록 바람의 영향이 약화된 것으로 판단된다.

행정구역별로 풍속 평균 풍속 및 최대 풍속을 비교한 결과, 평균 풍속값에서는 삼안동(4.49m/s), 장유2동(4.12m/s), 북부동(4.02m/s) 등의 순으로 높게 나타났고, 최대 풍속값에서는 장유3동(5.29m/s), 삼안동(5.20m/s), 상동면(5.06m/s) 등의 순으로 높게 나타났다. 반면, 진영읍(2.86m/s), 한림면(3.02m/s), 생림면(3.09m/s) 등에서는 평균 풍속이 약했으며, 부원동(3.40m/s), 동상동(3.65m/s), 진영읍(3.72m/s) 등에서는 최대 풍속이 약하게 나타났다. 따라서 바람 흐름이 원활한 지역은 삼안동, 장유2동, 북부동,

TABLE 2. Average and maximum wind speed by administrative areas (m/s)

Administrative districts	Average wind speed	Maximum wind speed	Administrative districts	Average wind speed	Maximum wind speed
Bowon-dong	3.40	3.40	Jangyu 2-dong	4.12	4.95
Bukbu-dong	4.02	4.36	Jangyu 3-dong	3.90	5.29
Buram-dong	3.57	3.77	Jillye-myeon	3.21	4.98
ChilsanSeobu-dong	3.44	3.83	Jinyeong-eup	2.86	3.72
Daedong-myeon	3.82	4.74	Juchon-myeon	3.62	4.04
Dongsang-dong	3.65	3.65	Naewo-dong	3.69	3.86
Hallim-myeon	3.02	3.80	Saengnim-myeon	3.09	4.53
Hoehyeon-dong	3.59	3.75	Saman-dong	4.49	5.20
Hwalcheon-dong	3.80	4.19	Sangdong-myeon	3.44	5.06
Jangyu 1-dong	3.53	4.09			



(a) Wind speed presented as raster format (b) Hot spot areas

FIGURE 7. Wind speed and hot spot areas of Gimhye

장유3동, 대동면으로 분석되었으며, 바람 흐름이 비교적 약한 지역은 진영읍, 한림면, 부원동, 칠산서부동, 불암동으로 나타났다(표 2).

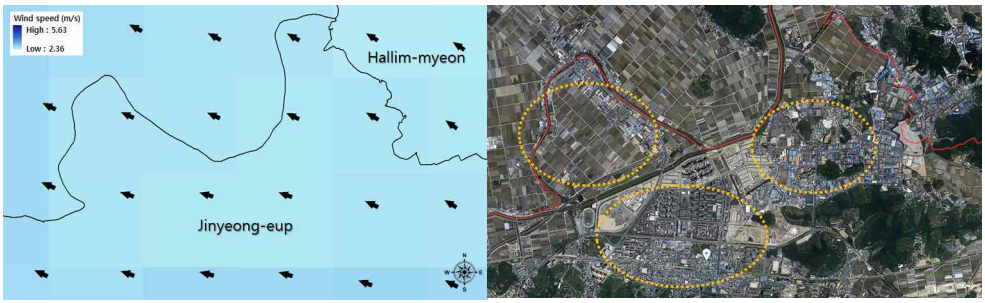
그림 7(a)는 풍속의 평균값을 래스터 데이터로 변환하여 표출한 것이다. 이를 앞에서 도출된 김해시의 열섬 Hot spot 지역(그림 7(b))과 비교해 본 결과, 진영읍, 한림면, 생림면, 진례면 등 바람이 약한 곳과 열섬 Hot spot 지역(진영읍, 진례면, 주촌면, 도심지 일대 등)이 유사하였다. 이는 도시의 기온과 바람 흐름이 지형 및 토지이용의 변화에 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

Hot spot 지역을 토지이용 및 도시개발적 측면에서 살펴본 결과(그림 8), Hot spot 지역과 바람이 약한 지역에는 공통적으로 농업 및 공업단지가 분포하고 있었다. 특히 가장 열에 취약하며 바람 흐름이 약한 지역으로 분석된 진영읍 일대는 농공단지 및 산업단지, 고층 아파트 단지 등이 밀집되어 있다. 진례면의 경우에는 농업지역이 주로 분포하고 있는데, 현재 김해테크노밸리 일반산업단지가 조성 중에 있어 Hot spot 지역이 확대·강화될 우려가 있을 것으로 판단되므로 도시 및 건축계획 시 바람이 잘 흐를 수 있도록 고려해야 한다. 한림면의 경우에도 대규모 농경지가 형성되어 있지만, 김해시의 남동쪽에서 강하게 불어오는 바람이 김해시를 가로지르는 산지의 영향으로 약화되었기 때문에 바람흐름이 약하다. 산업단지 및 농공단지가 위치해 있는 주촌면은 고층 아파트 및 주촌선천지구도시개발지구가 들어설 예정이므로, 현재에도 취약한 열환경이 향후 더 악화될 수 있으므로 이를 고려한 계획이 요구된다.

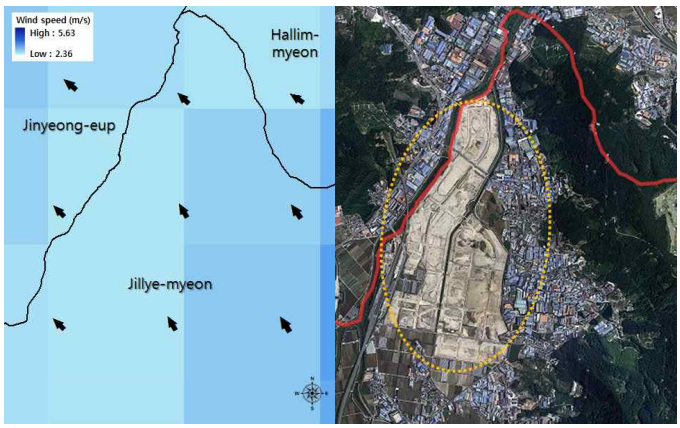
3. 김해시 바람길 관리 전략

김해시의 열환경 개선에 중요한 역할을 하는 바람길은 남동쪽에서 김해시로 유입되는 바람으로써, 이곳에 위치한 부산광역시 강서구 일대 및 김해시 칠산서부동의 대규모 농경지는 김해시의 열환경 개선을 위해 농경지로 보전되거나 개발이 제한되어야 한다. 즉, 바람길을 보전하는 전략을 통해 현재와 같이 바람이 김해시 전역을 원활히 흐를 수 있도록 해야 하며, 도심지 및 남동쪽 지역으로 원활하게 유입되도록 관리해야 한다.

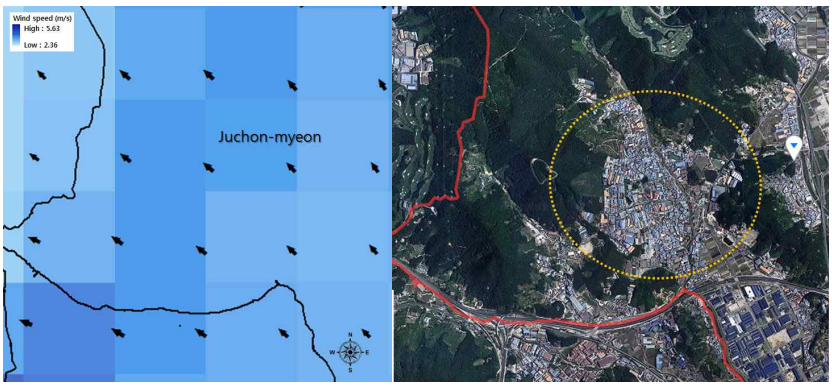
반면, 북동쪽에 위치한 진영읍, 진례면, 한림



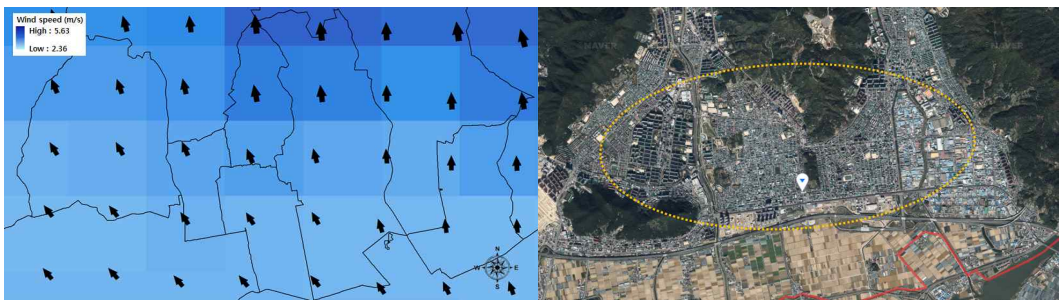
(a) Jinyoung-eup



(b) Jillye-myeon



(c) Juchon-myeon



(d) Downtown of Gimhye

FIGURE 8. Wind speed and hot spot areas of specific areas in Gimhye

면, 생림면 일대는 바람흐름이 약하므로 바람길을 개선하기 위한 전략이 요구된다. 바람길 개선을 통해 Hot spot 지역의 열환경을 개선하고 산업단지 주변의 정체된 공기를 순환시킬 수 있도록 해야 한다. 특히, Hot spot 지역이 가장 넓게 분포했던 진영읍은 바람흐름 역시 가장 약했는데, 현재 조성 중에 있는 아파트 단지가 완공되고 인구가 더 유입된다면 열환경이 더욱 악화될 것으로 예상된다. 따라서 이곳의 열환경 개선을 위한 바람길 전략이 우선적으로 마련되어야 한다.

이를 위한 방안으로, Hot spot 지역 주변에 위치한 산지에서 야간에 생성되는 찬공기를 활용할 수 있다. 찬공기란 구름이 없는 맑은 날 야간에 지표면의 에너지 전환(야간 복사 냉각)에 의해 생성되는 상층보다 낮은 온도의 공기를 말한다. 특히 산지에서 발생되는 찬공기는 일반적으로 오염물질이 포함되지 않은 신선한 공기이기 때문에, 열대야 해소 등 Hot spot 지역의 열환경 개선뿐만 아니라 산업단지가 밀집되어 있는 Hot spot 지역의 대기환경 개선에 유용하게 활용될 수 있다. 찬공기를 활용하기 위해서는 찬공기가 생성되는 산지의 보전이 우선적으로 필요하며, 생성된 찬공기가 Hot spot 지역까지 원활하게 유입되기 위해서는 산지 인근의 추가 개발을 제한하여야 한다. 또한, 계획되어 있는 개발단지들은 바람 흐름을 고려한 건물 배치 및 층수 규제를 통해 바람길이 조성될 수 있도록 해야 한다. 특히, 김해시는 '기업도시 기본계획'을 추진하면서 2020년까지 산업단지 18개를 조성할 계획을 수립하였는데, 사업장에서 발생하는 대기오염에 대한 문제가 꾸준히 제시되어 왔기 때문에 향후 들어설 산업단지에 대한 오염 문제를 예방하고 대기환경을 개선하기 위해 바람길 조성 및 개선이 반드시 필요하다.

Conclusions

본 연구는 경상남도 김해시의 열환경을 지속적으로 개선하기 위해, 김해시의 바람길을 분석하고 열환경 개선지역(수혜지역)을 파악한 후, 바람길을 유지하고 확대하기 위한 관리 전략을 제시하였다. 이를 위해, Landsat 8 위성영상자료를 활용하여 김해시의 여름철 지표면 온도를 분석하고 열환경 분석도를 작성하였으며, 이를 바탕으로 GIS 공간통계 분석을 통해 김해시 열섬의 Hot spot과 Cool spot 지역을 도출하였다. 분석 결과, Hot spot 지역은 공업지역 및 대규모 아파트 단지가 위치한 진영읍, 비닐하우스 중심의 농업지역 및 공업지역이 위치한 진례면, 농공단지가 위치한 주촌면에서 도출되었고, 김해시청이 위치해 있는 도심지도 열환경 취약지역으로 분석되었다. Cool spot 지역은 총 4지점으로 선정하였고, 대부분 산림 및 농경지에서 도출되었다. 특히 김해시 도심지와 인접한 대동면의 신어산(630m) 일대가 Cool spot으로써 김해 도심지의 도시열섬완화에 도움이 될 것으로 판단된다.

또한, 기상청에서 제공하는 풍력자원지도를 활용하여, 김해시 바람길의 풍향 및 풍속을 분석을 하였다. 그 결과, 평균 풍속은 약 3.42m/s로 남동쪽에서 북서쪽으로 바람이 흐르며, 김해시 남쪽부근에 위치한 부산 강서구 일대의 대규모 농경지에서 발달된 바람이 김해시 남동쪽으로 강하게 흘러들어와 김해시 중심지를 지나면서 북서쪽 진영읍으로 갈수록 그 흐름이 약해지고 있다. 이는 김해시를 가로질러 분포하고 있는 산지로 인해 바람의 영향이 약화된 것으로 판단된다. 행정구역별로 풍속 평균 및 최대값을 비교한 결과 바람 흐름이 원활한 지역은 삼안동, 장유2동, 북부동, 장유3동, 대동면으로 분석되었으며, 비교적 흐름이 약한 지역은 진영읍, 한림면, 부원동, 칠산서부동, 불암동으로 나타났다. 특히, Hot spot 지역인 진영읍, 진례면, 주촌면, 도심지(내당동, 회현동, 동상동, 활진동 등) 일대가 바람이 약한 지역(진영읍, 한림면, 생림면, 진례면 등)과 유사한 것으로 나타났으며, 이는 도시의 기온과 바람 형성이 지형 및 토지이용의 변화에 따라 영향을 많이 받기 때문인 것으로 판단된다.

이를 바탕으로, 바람길 관리 전략을 제시하면 다음과 같다. Hot spot 지역과 바람이 약한 지

역에는 공통적으로 농업 및 공업단지가 분포하고 있었는데, 특히 가장 열에 취약하며 바람 흐름이 약한 지역으로 분석되었던 진영읍 일대는 농공단지 및 산업단지, 고층 아파트 단지 등이 밀집되어 있다. 진례면의 경우에는 농업지역이 주로 분포하고 있는데, 현재 김해테크노밸리 일반산업단지가 조성 중에 있어 Hot spot 지역이 확대·강화될 우려가 있으므로, 바람길을 고려한 도시 및 건축계획이 요구된다. 한림면의 경우도 대규모 농경지가 형성되어 있지만, 김해시의 남동쪽에서 강하게 불어오는 바람이 중심 산지의 영향으로 약화되었기 때문에 바람흐름이 약하다. 산업단지 및 농공단지가 위치해 있는 주촌면은 고층 아파트 및 주촌선천지구도시개발지구가 들어설 예정이므로, 현재에도 취약한 열환경이 향후 더 악화될 수 있으므로 이를 고려한 계획이 요구된다.

본 연구를 바탕으로 기후친화적 도시개발을 위한 바람길 계획을 수립하여 도시기본계획뿐만 아니라 도시재생 및 환경계획 분야에서 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 김해시의 기후변화 적응계획 수립을 위한 기초자료 및 기후친화적인 도시개발을 위한 평가시스템을 구축하는데 적용할 수 있을 것으로 기대한다. 향후, 김해시의 열환경 취약지역에 대한 상세바람길 분석을 통해 지구단위계획 등 보다 구체적인 적용방안에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 산악지형을 이용하여 야간에 생성되는 찬공기 특성을 분석하고, 이를 바탕으로 찬공기 활용 전략을 제시하는 연구도 기후친화적인 도시 조성을 위해 필요할 것이다. KAGIS

REFERENCES

Eum, J.H. 2008. Integration of climate information into spatial planning in Seoul, South Korea. Ph.D. Thesis, Technische Universitaet Berlin, Berlin, Germany. p.164.

Eum, J.H. and J.M. Son. 2016. Management of the Nakdong-Jeongmaek based on the haracteristics of cold air. Journal of Korean Institute of Landscape Arhitecture 44(5):103-115 (엄정희, 손정민. 2016. 찬공기 특성을 고려한 낙동정맥 관리방안 연구. 한국조경학회지 44(5):103-115).

Kim, J.H. and J.H. Choi. 2013. A study on the destination of use districts through evaluation of forming and flowing a wind corridor in Daejun by GIS. The Korean Society of Cadstre 29(2):225-238 (김준현, 최진호. 2013. GIS 기반의 대전시 바람길 형성지 평가를 통한 용도구역 지정에 관한 연구. 한국지적학회지 12(2):225-238).

Kim, S.B. and E.H. Jung. 2005. Basic study on introduction of the wind road for eco-friendly city construction. Daegu Gyeongbuk Development Institute. p.145 (김수봉, 정응호. 2005. 친환경적 도시건설을 위한 바람길 도입 기초 연구. 대구경북연구원. 145쪽).

Nachbarschaftsverband Stuttgart (Stuttgart Regional Federation). 1992. Climate study for the area of the Stuttgart Regional Federation and bordering areas of the Stuttgart region. Stuttgart, Germany.

Korea Forest Service. 2016. The study on a natural resources change survey and management practice in the Honam-Jeongmaek. p.525 (산림청. 2016. 호남정맥 자원실태변화조사 및 관리방안 연구. 525쪽).

Son, H.G., S.S. Jin, S.B. Lee, S. Choi, Y.S. Kwon, J.Y. Kim, S.Y. Sung, Y.J. Bae, Y.B. Sung, J.H. Eum, and Y.J. Han. 2012. A study of the forestland management policy on the perspctive of new paradigm. Korea Research Institute for Human Settlements. p144 (손학기, 진성수,

이승복, 최수, 권용석, 김진영, 성선용, 배유진, 성영배, 엄정희, 한윤정. 2012. 새로운 패러다임의 산지관리정책 연구. 국토연구원. 144쪽).

Ministry of Environment. 2009. Guidelines for preparing the assessment of environmental effect for evaluation of business type. p.528 (환경부. 2009. 사업유형별 평가서 작성을 위한 환경영향평가서 작성 가이드라인. 528쪽).

Ng, E., L. Katzschner, U. Wang, C. Ren, and L. Chen. 2008. Working Paper No. 1A: draft urban climatic analysis map - urban climatic map and standards for wind environment - feasibility study. Technical Report for Planning Department HKSAR. The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong.

Song, B.G. 2014. Development of environmental planning methodology for mitigation of climate change and heat island effect in urban area. Ph.D. Thesis, Changwon University. p.244 (송봉근. 2014. 도시지역의 기후변화 및 열섬효과 완화를 위한 환경계획 기법의 개발. 창원대학교 박사학위논문. 244쪽).

Song, B.G. and K.H. Park. 2010. An analysis of cold air generation area considering climate-ecological function. Journal of Korean Association of Geographic Information Studies 3(1):114-127 (송봉근, 박경훈. 2010. 기후생태적 기능을 고려한 찬공기 생성지역 분석. 한국지리정보학회지 13(1):114-127).

Tokyo Metropolitan Government. 2005. The Thermal Environment Map and Areas Designated for the Implementation of Measures Against the Heat Island Phenomenon. Bureau of Environment, Tokyo, Japan.