한국지리정보학회지 11권 2호 : 73~84(2008)

위성자료를 활용한 대구지역 바람길생성의 공간적 특성평가

정응호[1※] · 김대욱[2] · 류지원[3] · 차재규[1] · 손경수[1]

Evaluation of Spatial Characteristic of Wind Corridor Formation in Daegu Area using Satellite Data

Eung-Ho JUNG[1※] · Dae-Wuk KIM[2] · Ji-Won RYU[3]
Jae-Gyu CHA[1] · Kyung-Su SON[1]

요 약

본 연구는 대구지역을 대상으로 공간적 지형특성에 따라 실제 바람생성에 영향을 미치는 공간지형적 요소별로 바람생성 기능을 평가하였다. 바람생성 기능에 영향을 미치는 공간지형적 요소가 매우 다양하고 상호영향관계에 있기 때문에 기본적으로 공간특성에 대한 정확한 기초자료의 확보가 매우 중요하다. 그러나 본 연구에서는 관련자료 취득의 어려움으로 인하여 신뢰성 있는 자료의 확보가 매우 제한적이었다. 이에 본 연구에서는 이에 대한 대안으로 위성영상자료의 활용을 시도하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

먼저 대구지역의 공간지형적 특성상 바람생성 기능이 높은 지역이 많음을 확인할 수 있었다. 이들 지역은 대부분 시외곽지에 분포하고 있으며, 상대적으로 시가화된 지역에서는 바람생성기능이 극히 열악한 것으로 나타나 공간적 불균형이 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 이들 지역이 시가화된 지역과의 공간적으로 연계되는 부분에서는 바람생성 기능이 매우 약화되고 영향범위가 축소됨을 알 수 있었다. 결국 시가화된 지역으로 유입되는 바람길의 효과가 감소되는 결과를 초래하고 있는 것으로 나타났다. 또한 본 연구를 통하여 바람길 생성 평가를 위한 공간자료의 구축수단으로 위성자료의 활용가능성을 확인할 수 있었다.

주요어: 바람길, 바람생성기능, 공간지형정보

ABSTRACT

This study has conducted the survey Daegu area on the evaluation of the wind generation by the spatial geograph conditions and according to the elements that practically affecting the generation of the wind. Because the elements affecting the wind generation are very diverse

2008년 4월 16일 접수 Received on April 16, 2008 / 2008년 6월 12일 수정 Revised on June 12, 2008 / 2008년 6월 26일 심사완료 Accepted on June 26, 2008

1 계명대학교 환경대학 환경계획학과 Dept. of Environmental Planning, Keimyung University
2 계명대학교 산업기술연구소 Institute of industrial technology, Keimyung University
3 대구지역환경기술개발센터 Daegu Environmental Technology Development Center
※ 연락저자 E-mail : turep21@kmu.ac.kr

and interrelated, it is very important to secure accurate fundamental datas. For getting these datas, by applying satellite images to the study, more accurate datas were collected and the result of study is summarized as follows

First of all, it has been acknowledged that due to the Daegu's geographic features, there are a lot of areas with high wind generation, but most of these areas have been distributed in the outskirts of the city, where as in the areas wind generation is relatively very low in the urbanized areas, which indicate that the spatial unbalance is very high. And what is more of wind generation in certain areas where places spatially connected to the urbane district, show very low wind generations, and its influenced range become limited. From this fact, it can be estimated that the effects of the wind corridor coming into the urban district will be reduced. And also through this study, it could be verified that there are ample possibility of applying the satellite data as a means of building up the spatial data for evaluation of formation of the wind corridor.

KEYWORDS : Wind Corridor, Wind Corridor Formation, Spatial Terrain Information

서 론

현대 도시는 급속한 도시화와 산업화가 진행되면서 외곽지로의 시가지 개발이 급속히 이루어짐에 따라 녹지의 감소, 교통량 증가, 고층·고밀개발에 따른 총체적인 도시환경이 악화되고 있으며, 이는 지속가능한 발전을 저해하는 요인으로 대두되고 있다. 특히 도시의 대기환경은 다른 환경매체와는 다르게 기본적으로 도시공간 전체에 대한 영향관계를 가진다. 즉 대기오염원 배출과 그에 따른 오염양상은 도시개발(토지이용)형태에 의해 많은 영향을 받게 된다. 도시의 대기환경관리에 있어서 대규모 고밀도개발에 의한 오염물배출의 지속적인 증가도 문제이지만, 배출된 오염물질을 적절히 확산시키고 생태적으로 개선할 수 있는 공간적 여건이 점차로 악화되고 있다는 점이 더욱 큰 과제로 대두되고 있다. 또한 도시공간의 열악한 대기순환 여건과 열섬요인 등에 의해서 도시의 대기환경은 매우 복잡하고 다양한 형태로 전개되어 대기환경 관리에 있어서 새로운 접근방법의 모색과 시도가 요구되고 있다.

최근 국내에서도 환경친화적이고 쾌적한 환경도시를 창조하기 위한 방편으로 바람이 생성되는 지역의 공간적 특성을 파악하고 바람이 시가지내로 소통할 수 있는 바람길을 확보하여 도시환경의 쾌적성을 향상하고자하는 노력이 이루어지고 있다(차재규 등, 2007). 그러나 국내에 바람길 도입과 활용을 위한 연구는 극히 최근에 시작되었으며, 아직 외국사례와 기법소개 중심의 내용이 대부분이고, 제한적인 범위에서의 시범적 사례연구 위주가 대부분이다. 이는 바람길 도입을 위한 기초연구에 있어서 가장 중요한 공간특성 분석에 대한 상세한 자료의 부족과 함께 학제적 연구접근 방법의 미비 등과 같은 기본적 연구 인프라가 구축되어 있지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

바람길 관련연구를 가장 먼저 시행하고 다양한 실제적 활용사례를 보여주고 있는 독일의 경우에는 관련 학문분야의 학제적 연구체계(경관생태학, 지리학, 지질학, 도시계획, 기상학 등)가 매우 독특하게 갖춰져 있다. 독일의 연구체계에서 가장 큰 특징은 바람길 연구의 접근을 공간의 기후생태적 기능에 대한 개념이해에 바탕을 두고 있다. 즉 독일에서의 관련 연구에 의하면 공간의 기후생태적 기능에 영향을 미치는 요인으로는 공간의 규모와 형태,

수림, 지표고저, 수면, 토양종류 등이 해당되며, 또한 시가지내의 개발 및 오염배출특성 등도 아울러 고려되고 있다. 독일의 선행사례를 통하여 볼 때 도시지역에 있어서 바람길 조성과 활용을 위해서는 바람생성지역의 공간적 특성파악이 가장 기본적으로 이루어져야 함을 보여주고 있다. 이에 본 연구에서는 대구지역을 대상으로 지역의 공간적 특성에 따른 바람생성지역을 파악하고 평가하여 우리나라 도시지역에서의 바람길 도입을 위한 연구방법론개발에 유용한 기초자료를 제공하는데 연구의 목적을 두었다.

이론적 고찰 및 선행사례

1. 바람길의 개념 및 특성

일반적으로 도시기후관련 환경문제는 대기오염과 기후적 요인의 변화로 구분되며, 이들 문제는 작용메카니즘상 서로 깊은 연관성을 가진다. 대기오염문제의 해소를 위해서는 오염물질의 적절하고 신속한 확산과 이동성 확보가 중요하며, 기후적 요인은 대기오염의 적절한 해소가 어려워지거나 더디어 지면 더욱 악화 된다. 따라서 이러한 도시기후관련 환경문제 해소의 가장 중요한 관건은 도시공간에서 대기순환의 조건개선 및 확보이다. 그러나 고밀고층위주의 도시공간개발로 인하여 원활한 대기순환 조건이 확보되기 어렵다.

도시는 일반적으로 다양한 공간적 특성(토지이용 및 지형조건)으로 구성되어 있으며, 토지이용형태에 따라 자연상태의 특성을 유지하고 있는 공간(대표적으로 도시외곽지의 산지, 농지, 개발제한구역 등)에서는 상대적으로 다른 기후 생태적 특성을 가진다. 즉 이들 공간에서는 일사에 의한 열환경특성의 차이, 지표면과 지형의 조건, 토지이용의 형태 및 식생조건 등에 의해서 자연적으로 차고 신선한 공기가 생성된다. 생성된 차고 신선한 공기는 그 물리적 특성상 도시의 지형조건과 기온차에 의해 자연스럽게 도심으로 유동되어진다. 따라서 도시기후관련 환경문제를 해소하기위해서는 이러한 공간의 기후생태적 특성과 기능을 파악하고 활용하는 것이 대안이 된다.

이러한 측면과 독일에서의 선행연구를 바탕으로 하여 볼 때 바람길의 개념은 “도시주산지, 계곡, 녹지대 등에서 자연적으로 발생하는 차고 신선한 공기가 도시내로 유입될 수 있는 길을 만들어 대기 및 기후 환경개선에 기여하도록 하는 것”으로 이해할 수 있다. 효과적인 바람길은 공간적 조건에 따라 차고 신선한 공기를 생성시키는 지역과 이를 유동시키는 지역, 그리고 차고신선한 공기의 효과를 유지시키는 지역 등으로 구성된다. 성공적인 바람길 조성과 활용은 이들 구성 요소들 간의 공간적인 상호 연계가 이루어져야 한다.

이러한 바람길은 다음과 같은 특성을 가지고 있다. 먼저, 바람길을 생성하는 바람은 국지적 공간여건에 따라 생성되고 유동되기 때문에 규모가 큰 종관풍, 해륙풍과의 기상학적 상관성이 낮으며, 지역별 공간특성에 따라 방향과 규모가 다양하다(김진영 외, 2000). 즉 바람길을 따라 부는 바람은 주변지역의 지배적인 기상조건에 의해 풍향이나 풍속이 크게 영향을 받지 않는다(Baumüller, 1997). 또한 바람길의 핵심적 특성인 차고 신선한 공기의 생성은 주로 일몰 후에서부터 시작하여 일출 전까지 이루어진다. 특히 새벽 4~6시 경에 가장 활발하게 생성되며(Innenministerium des Landes Baden-Württemberg, 1996), 그 물리적 특성은 찬성질의 무거운 밀도를 가지기 때문에 평지에서는 주로 지표면 가까이에서 생성·유동한다. 산지에서는 경사면을 따라 하강하여 유입지역에 모이게 되고 지형조건에 따라 유동하게 되며, 유동되는 차고 신선한 공기는 대부분 도시외곽지와 시가지에서의 기온차에 의한 기류이동(대기순환)에 영향을 받아 시가지로 유입되어 도시기후환경 개선에 영향을 미친다.

2. 선행사례

국내에 바람길 도입과 활용을 통한 도시기후관련 환경문제를 개선하기 위한 연구는 최근에 시작되었다. 그러나 바람길 도입을 위한 관련기초 연구가 체계적으로 이루어지지 못하고 자료부족과 함께 학제적 연구접근 방법의 미비 등과 같은 기본적 연구 인프라가 구축되어져 있지 못하다. 이미 앞서 언급한바와 같이 공간의 기후생태적 기능에 기초한 바람길 관련 연구는 독일에서 가장 활발하게 이루어졌다. 이미 1970년대에 공간의 기후생태적 기능에 대한 개념이 정립되었고, 공간의 지형적 특성에 따른 차고 신선한 공기생성을 평가하기 위한 방법들이 제시되었다 (Regionale Planungsgemeinschaft Untermain(Hg.), 1972).에서는 차고 신선한 공기의 주요생성지역은 야간에 복사냉각이 활발하게 일어나는 지역이 대표적이며, 지표면의 형태와 종류에 따라 그 생성상태가 다르게 나타난다. 즉 형태에 있어서는 계곡지형이 유리하며 지표면은 특히 식생종류에 따라 차고 신선한 공기의 생성이 영향을 받게 된다. 교목이 밀집해있는 수림보다는 초지나 나지, 농경지 등이 차고 신선한 공기생성에 유리한 것으로 나타나고 있다. 또한 독일에서의 연구결과(King, 1973; Klöppel, 1970)에 의하면 계곡기저부에서의 차고 신선한 공기는 평균적으로 1시간에 약 10-12㎥/㎡ 정도 생성되는 것으로 조사되었다. 그 후 공간의 기후생태적 기능에 대한 특성을 파악하는 연구방법은 여러 다양한 실증적 사례연구를 통하여 제안되어졌다.

King(King, 1973)은 이에 대한 선행연구결과들을 종합하여 차고 신선한 공기 생성과 바람길 생성에 영향을 미치는 공간적 특성을 찬공기 집결(유입)지역의 크기, 찬공기 발생지역(계곡)의 경사도, 계곡기저부의 경사도, 지표면의 거칠기(이는 찬공기 유동성과 관련 있음)로 분류하였다. 이러한 공간적 특성을 분석하여 차고신선한 공기생성지역을 파악하고 바람길을 생성하여 도시기후환경 개선에 활용한 대표적 사례로는 프라이부르크시(Freiburg city)가 있다.

프라이부르크시는 1974년에 이 방법을 활용하여 시전체의 공간적 특성에 따른 기후생태기능을 평가하여 공간적 특성을 구분하였다. 즉 그림 1에서 보는 바와 같이 시의 동측 지역에 위치한 드라이잠 계곡부 일대를 대상으로 찬공기생성지역과 찬공기집결 및 유동지역, 그리고 찬공기유입에 의한 기후개선 수혜지역(시가지) 등으로 구분한 바람길 생성경로를 파악하여, 이를 도시개발에 적극 반영하여 도시전체의 도시기후관련 환경문제 개선에 큰 효과를 얻게 되었다(Arbeitsgruppe Freiburg, 1974).

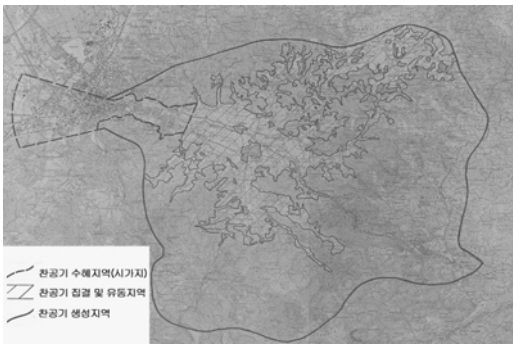

FIGURE 1. 공간적 특성에 따른 기후생태기능평가사례(Freiburg city)
자료: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau(Hrsg.), 1979

그 밖의 독일 대부분 도시들에 있어서도 바람길 생성에 대한 평가는 공간의 지형적 특성요인에 따라 시도 되었으며, 이의 결과를 도시계획에 활용하여 도시미기후환경개선에 활용하고 있다. 이러한 추세에 따라 독일지역연구학회에서는 공간특성에 따른 바람길 생성 특성을 평가하기 위한 요소와 기본지침을 정리하여 제시하였다. 바람길 생성요소에는 찬공기생성 및 유입지역규모(㎢), 농지 및 초지비율(%), 평균경사도(°), 평균적인 계곡형태(요철형태), 평균경사길이(m) 및 계곡기저부의 거칠기

형태(토지이용형태) 등의 6가지 요소로 구분하였다. 그리고 이들 각 요소들의 특성을 종합한 바람길 생성에 대한 평가를 위한 기본지침을 다음과 같이 제시하였다(Marks, R., Müller, M., u.a.(Hrsg.), 1992):

첫째, 찬공기 생성에 관한 영향요인에 대한 계량화는 어렵기 때문에 찬공기 집결 및 유입지역의 평균적인 찬공기 생성력을 평가하는 것이 효과적이며, 둘째, 기후생태기능의 평가는 공간의 특성요인에 근거하여 평가하도록 한다. 이상 독일사례에서 보는 바와 같이 일정공간에 있어서의 기후생태 기능을 평가하는 것은 관련분야의 학제적 연구가 체계적으로 선행되어야 하며, 공간특성상 정확한 파악이 어려운 관련변수가 많기 때문에 정성적 평가가 보다 효과적이라 하겠다. 정량적 평가는 향후 관련변수에 대한 보다 구체적이고 정확한 자료 확보가 가능해지면 활용성을 가질 수 있을 것으로 생각된다.

자료구축 및 평가방법

1. 평가요소 선정 및 자료구축

본 연구의 사례대상지인 대구지역의 공간적 특성에 따른 바람길 생성지역을 평가하기 위한 요소는 독일지역연구학회에서 제시한 6가지 가운데 자료취득 및 가공분석에 있어서 어려움이 있는 평균적인 계곡형태(요철형태)를 제외한 찬공기 생성 및 유입지역규모(㎢), 농지 및 초지비율(%), 평균경사도(°), 평균경사길이(m) 및 계곡기저부의 거칠기 형태(토지이용형태) 5가지를 선정하였다. 이들 요소들은 각각 그 지형적 특성에 따라 바람길 생성에 가장 중요한 구성부분인 차고 신선한 공기생성력(또는 생성강도)에 영향을 미치는 것과 생성된 공기의 유동성에 영향을 미치는 요인으로 구분된다(Kiese, 1988). 먼저 차고 신선한 공기생성력은 생성지역의 크기와 농지 및 초지비율, 평균경사도에 의해 크게 영향을 받는다. 그리고 차고 신선한 공기의 유동은 평균경사길이와 계곡 기저부의 거칠기 형태에 의해 영향과 밀접한 관련이 있다. 또한 이들 각기 요소들은 그들의 국지적인 공간적인 특성과 조건에 따라 바람길 생성에 미치는 영향력이 다르게 나타난다. 이에 대하여 독일지역연구학회에서는 표 1에서 정리한 바와 같이 각 요소별로 공간적 특성과 조건을 세분화하여 바람길 생성에 미치는 영향력을 구분하고 평가가중치를 다르게 부여하였다. 여기에서 평가가중치가 높을수록 바람길 생성에 미치는 영향력이 크다는 것을 나타낸다. 그러나 이 가운데 평균경사도에 있어서는 15~22°가 가장 영향력이 큰 것으로 나타나고 있는데, 이는 경사면에서 일사에 의한 복사냉각이 가장 최적으로 진행될 수 있는 상태를 의미한다. 평균경사도가 너무 낮거나 높게 되면 경사면에서 일사각도의 생성이 불리하게 때문에 복사냉각효과가 떨어지게 되어 야간에 냉기류 생성이 낮아지게 된다. 그리고 계곡기저부의 거칠기 형태(토지이용형태)는 산지계곡부에서 생성된 차고 신선한 공기가 지형에 따라 계곡하류부로 모이게 된 찬공기가 시가지로 유동하는데 있어서 영향을 미치는 정도를 의미한다. 여기서 계곡하류부 지역에서의 건축물 개발에 따른 토지이용의 형태가 찬공기 유동에 직접적인 영향을 미치게 되는데, 건축물의 개발정도가 높은 토지이용지역일수록 찬공기 유동을 방해하는 거칠기가 높으므로 평가가중치는 낮다.

자료구축단계에 있어서 가장 중요한 내용적 목표는 대상지역의 차고 신선한 공기 생성지역의 공간적 분포상황을 파악하고, 이를 기반으로 선별된 지역에 대한 찬바람 유동가능지역을 분석함에 있다. 이를 위해서 표 1에서 제시된 요소들에 대한 정확하고 신뢰성 있는 자료수집이 전제되어야 한다. 독일의 경우에는 이미 전술한 바와 같이 관련 학문분야(특히 경관생태학, 지리학, 지질학, 도시계획 등)의 연구결과가 체계적으로 정리 · 축적되어 있어

TABLE 1. 바람길생성공간요소별 평가가중치

형 성 요 소	공간적 특 성	평 가 가중치	형 성 요 소	공간적 특 성	평 가 가중치
A. 찬공기생성 및 유입지역 규모(㎢)	1-5㎢	4	D. 평균 경사길이 (m)	50m 이하	0
	5-10㎢	8		50-100m	2
	10-15㎢	12		100-150m	4
	15-20㎢	16		150-200m	6
	20-25㎢	20		200-250m	8
	25㎢ 이상	24		250m 이상	10
B. 농지 및 초지비율(%)	25% 이하	3	E. 계곡 기저부의 거칠기형태	초지 및 농경지	10
	25-50%	6		초지 및 농경지면적이 최소2/3이며 수목군락 또는 독립가옥들이 입지한 지역	8
	50-75%	9		초지 및 농경지가 우세하고, 수림 또는 저밀 건축지가 최대1/3인 지역	6
	75% 이상	12		숲 또는 복합건물이 적은 저밀건축지가 우세하고, 초지와 농경지가 분포하는 지역	4
C. 평균 경사도(°)	5° 이하	1		복합건물이 많지 않은 저밀건축지가 최대2/3인 지역	2
	5-15°	6		거의 완전히 건축된 지역	0
	15-25°	8			
	25-35°	7			
	35° 이상	6			

자료: Marks, R., Muller, M. (Hrsg.), Anleitung zur Bewetung des leistungsvermogens des Landschaftshauhaltes(BALVL), Forschungen zur deutschen Landeskunde Bd. 229. Trier 1992

바람길 분석을 위한 기초자료의 취득기반이 확립되어 있다. 그러나 국내에서는 바람길 분석과 관련된 기초자료가 체계적으로 구축되어 있지 못하여 관련 요소들을 파악하기가 매우 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 바람길 생성기능 평가를 위한 자료구축에 원격탐사자료(위성영상)를 활용하였으며, 바람길 생성 공간요소별 자료구축 방법은 다음과 같으며 공간해상도는 10m를 기준으로 작성하여 수행하였다.

찬공기생성 및 유입지역규모에서는 2004년 Landsat TM을 통한 토지피복분류와 환경부의 토지피복분류도를 바탕으로 하여 기존 문헌과 관련연구 등에서 찬공기생성 및 유입지역 판단되는 산지 및 녹지 그리고 수공간 등을 시가화지역과 구분하여 대구광역시의 찬공기생성 및 유입지역 규모를 추출하였다. 그리고 농지 및 초지비율을 산정하기 위해서 환경부의 토지피복분류도(중분류)를 활용하여 농지 및 초지에 해당되는 지역을 추출하여 도면화한 다음 가중치를 적용하였다. 평균경사도는 바람길의 생성과 이동에 중요한 지표가 된다. 본 연구에서는 평균경사도를 산정하기 위해 대구광역시의 1:25000 수치지도를 이용해 생성한 DEM(Digital Elevation Model)를 활용하여 TIN을 생성하였고, 생성된 TIN을 다시 래스터자료로 변환하여 경사분석을 실시하였으며, 최종적으로 속성자료를 재분류하여 가중치를 적용하였다. 그리고 평균경사길이는 작성된 평균경사도를 바탕으로 연속된 경사를 가지는 지역들을 추출하여 가중치를 적용하였다. 또한 계곡기저부의 거칠기 형태는 바람의 이동 및 경로를 파악하는데 중요한 요소이다. 지표면의 거칠기는 결국, 지표면의 토지이용과 매우 밀접한 상관관계가 있다. 즉, 초지와 평야, 농경지는 거칠기가 높지 않아 바람의 이동에 유리한 반면, 인공물로 생성되어 있는 도시의 토지이용은 거칠기가 높아 불리하다고 할 수 있다. 따라서 거칠기 역시 환경부의 토지피복분류도(중분류)를 바탕으로 추출된 지역에 가중치를

TABLE 2. 바람길 생성평가등급

등급	평가가중치합계(비율)	바람길 생성기능
1	51이상(80%이상)	매우 크다
2	45-50(70-79%)	크다
3	33-44(51-69%)	보통
4	27-32(41-50%)	작다
5	26이하(40%이하)	매우 작다

적용하였다. 그러나 표 1에서 제시된 거칠기의 세부적인 공간형태(토지이용형태)분류에 대한 자료취득과 분류가 어려워 6가지에서 지역적인 특성을 고려하고 찬공기 유동에 영향을 미치는 거칠기 유형에 따라 건축지역(가중치 0), 혼합지역(가중치 8), 초지 및 농경지(가중치 10) 등 3가지로 단순화 시켰다.

2. 평가방법

바람길 생성평가는 자료구축과정에서 선정한 요인들에 대한 평가가중치들을 부여하고 각 가중치에 대한 합산을 통하여 구해진 점수를 중심으로 평가를 하게 된다. 평가과정은 2단계로 구성되는데, 우선 차고 신선한 공기생성에 영향을 미치는 요소인 찬공기 생성지역의 크기와 초지 및 농지면적의 비율, 평균경사도에 대하여 각각의 공간적 특성에 따른 평가가중치들을 추출하여 각 요소별 지역적 분포상황을 파악하였다.

찬공기 유동에 영향을 미치는 요소인 평균경사길이와 계곡기저부의 거칠기 형태의 공간적 분포에 따라서 구분한 평가가중치들에 대하여 산출하고, 앞의 3가지 요소의 가중치와 합산하여 바람길 생성기능에 관한 공간적 특성에 대한 총체적인 판단이 가능한 가중치를 산정하였다. 바람길 생성평가는 바람길 생성요소에 대한 가중치합산에 따른 등급으로 구분하여 나타내었으며, 등급구분은 독일지역학회에서 제시한 기준(Marks, R., Müller, M., u.a.(Hrsg.), 1992)을 활용하여 표 1에서 제시한 각 요소별 평가가중치의 최대치(64점)에 대하여 합산비율로 구분하여 표 2에서 보는 바와 같이 부여하였다. 즉 평가가중치의 최대치에 대하여 80%이상(가중치 51이상)이면 1등급, 70-79%(가중치45-50)는 2등급, 51-69%(가중치33-44)는 3등급, 41-50%(가중치27-32)는 4등급이고 40%이하(가중치26이하)는 5등급으로 구분하였다. 이들 등급에 대한 바람길 생성평가는 상대적 개념의 특성평가이다. 예를 들어 표 2에서 보는 바와 같이 1등급지역에서의 바람길 생성기능이 “매우 크다”의 의미는 그 지역에서의 찬공기 생성과 유동성에 긍정적 영향을 미치는 지형적 요소가 다른 지역에 비하여 상대적으로 많이 분포해 있다는 것을 나타낸다.

평가 및 고찰

1. 찬공기 생성 및 유입지역 규모

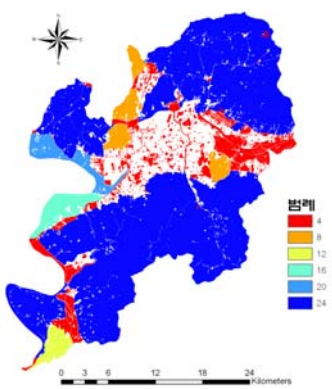

FIGURE 2. 찬공기생성 및 유입지역규모에 따른찬공기 생성기능평가

대구지역의 찬공기 생성 및 유입지역 규모요소에 대한 평가결과는 그림 2에서 보는 바

와 같이 전체 도시면적 가운데 찬공기 생성 및 유입지역 규모에 있어서 평가가중치가 가장 높은(24점) 지역의 비율이 64.1%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 이들 지역은 대부분 도시의 북측(팔공산일대)과 남측지역(대덕산 및 비슬산일대)에 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 그 밖의 가중치 순위별 지역구성 비율을 보면, 가중치 20지역이 2.3%로 대부분 서측의 낙동강유역일대로 분석되었다. 가중치 16지역은 2.2%로 화원일대의 낙동강유역이 해당되며, 가중치 12지역은 1.4%로 남측의 달성군 현풍면일대가 대표적이고, 가중치 8지역은 3.3%를 차지하며 시가지와 연접한 곳에 분포하고 있고, 가중치 4지역은 9.6%로 대부분 사가지와 인접한 지역들이 해당되는 것으로 분석되었다. 그리고 찬바람 생성 및 유입지역으로서의 공간적 특성과 기능을 부여할 수 없어 평가에서 제외한 시가지는 17.1%이다. 이 평가결과에서 보듯이 대구지역의 찬바람 생성과 유입에 유리한 지역은 대부분 시외곽지에 분포하고 있는 것으로 나타났다. 특히 이들 지역 가운데 앞산일대와 팔공산 일부지역은 시가지 지역과의 완충적 공간 연결 없이 바로 연접해 있는데, 팔공산과 앞산일대에서 생성된 찬공기가 시가지로 유동되는데 매우 불리할 것으로 판단된다.

2. 초지 및 농지비율

대구지역에 대한 초지 및 농지비율에 따른 찬공기 생성기능을 평가 한 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 전체 도시면적 가운데 찬공기 생성에 가장 유리한 초지 및 농지비율을 보이는 지역들에 대한 평가가중치를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 가중치 12지역(75%이상)에 해당하는 지역이 74.6%로 나타났으며, 이들 지역은 대부분 도시의 북측(팔공산일대)과 남측지역(대덕산 및 비슬산일대)에 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 가중치 9지역(50-75%)은 3.1%이며 적은 규모로 도시전체에 산재해 있는

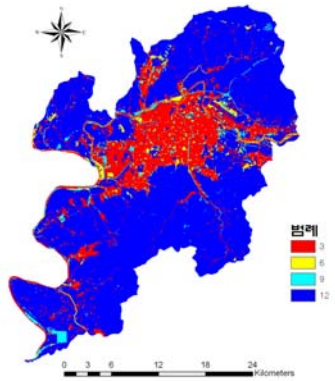

FIGURE 3. 초지 및 농지비율에 따른 찬공기 생성기능평가

것으로 파악되었으며, 현풍면일대가 비교적 큰 면적을 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다. 가중치6지역(25-50%)은 2.8%로 가장 낮은 비율을 보이고 있는데 시가지일부지역과 북측 금호강 일부유역, 대구공항일대 및 달성습지일부지역이 해당되는 것으로 나타났다. 가중치3지역(25% 이하)은 19.5%로 대부분 시가지내에 분포하는 것으로 파악되었다. 이러한 결과로 볼 때 대구지역의 찬바람 생성에 가장 유리한 초지 및 농지비율을 보이는 지역은 대부분 시외곽지에 분포하고 있고, 시가지는 대부분 찬바람 생성에 가장 낮은 비율을 보이는 지역으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 그러나 부분적으로 시가지 일부에서도 와룡산지역과 두류·침산공원을 비롯한 비교적 규모가 큰 도시공원은 가중치가 높은 것으로 나타났다. 이러한 지역들로부터는 찬공기 생성에 있어서 시 외곽지와 시가지와의 완충 및 연계기능 공간으로서의 역할을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 평균경사도

평균경사도 요소에 대한 평가는 대구지역의 전형적인 자연지형조건과 거의 일치되는 결과를

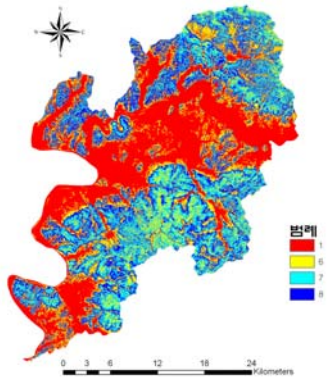

FIGURE 4. 평균경사도에 따른 찬공기 생성기능 평가

보여주고 있다(그림 4 참조). 도시면적대비 평가가중치 면적이 차지하는 비율을 살펴보면 가중치 1지역(평균경사 5°이하)이 37.0%, 가중치 6지역(5-15° 및 35°이상)이 22.0%, 가중치 7지역(25°-35°)은 19.0%이며 가중치 8지역(15°-25°)은 22.0%로 나타났다. 찬바람 생성에 가중치가 높은 지역(7 및 8지역)은 41.0%를 차지하고 있으며, 대부분 도시의 남북지역에 편중되어 있다. 그리고 시가지는 동서로 대부분 가중치 1지역에 해당되어 자연적인 찬바람 생성에 유리한 지형조건과 거리가 먼 것으로 나타났다. 그러나 시가지내 일부 지역(와룡산 지역과 두류공원 및 침산공원 등)에서는 비교적 찬바람 생성에 유리한 경사도를 가지고 있는 것으로 나타났다. 현재 이들 지역들은 시가지 개발로 인하여 주변산지와 공간적으로 단절된 섬 형태로 남아있다. 이들 지역들은 비록 규모면에서는 다소 작지만 찬바람 생성과 주변지역과의 미시적인 영향 측면에서 볼 때 매우 중요한 기능을 할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 국지적 지형경사조건상 찬바람 생성에 매우 유리한 지역이 분포하고 있음을 알 수 있다. 즉 신천상류 가창골지역과 칠곡지역 일대 및 팔공산 경사부 등에서의 경사조건은 주위 산지와의 경사관계상 찬바람 생성 및 유동조건이 매우 유리한 지역으로 평가된다. 이와는 반대로 시가지는 대부분 찬바람 생성에 불리한 경사도(5°이하)를 이루고 있기 때문에 외곽지에서의 찬바람 유입에 불리한 것으로 나타나고 있다.

4 평균경사길이

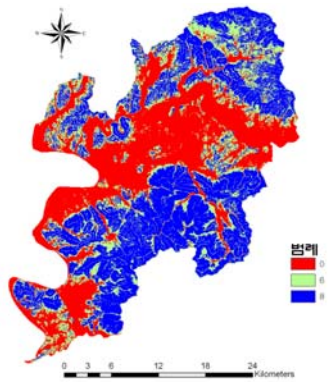

FIGURE 5. 평균경사길이에 따른 찬공기 유동평가

평균경사길이는 앞서 언급한 바와 같이 생성된 찬공기의 유동에 영향을 미치는 요소이다. 대구지역에 있어서의 평균경사길이에 대한 평가는 그림 5에서 보는 바와 같이 전체면적 가운데 찬공기 유동에 가장 유리한 가중치 8 이상 지역이 전체의 39.6%로 대부분 시가지 외곽지에 분포하고 있다, 가중치 6지역은 23.3%를 차지하며 경사지형의 자연적 특성상 가중치 8을 보이는 지역과 연계하여 분포하는 것으로 파악되었다. 찬바람 유동에 무의미한 영향을 미치는 가중치 0지역이 37.1%로 비교적 높은 비율로 구성되어 있다. 이들 지역은 대부분 시가지에 분포하고 있어 시가지로의 찬공기 유동이 어려울 것으로 판단된다. 그러나 특이한 점은 외곽지의 팔공산과 앞산지역 일대의 지형적 특성상 계곡형태를 가지는 지역에서 보이는 가중치 0지역들은 지형적 조건상 경사가 형성되어 있지 않고 산지계곡부에서 생성되어 유동(하강)되는 찬공기를 모아두는 역할을 하는 지역으로 판단된다. 따라서 이들

지역은 찬공기 유동에 있어서는 오히려 유리한 것으로 판단된다.

5. 거칠기

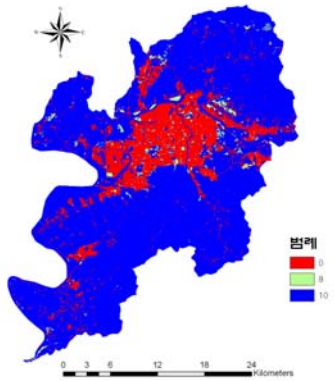

FIGURE 6. 계곡기저부의 거칠기에 따른 찬공기 유동평가

찬공기 유동에 실제적으로 직접적 영향을 끼치는 거칠기 요소에 대한 평가에서는 그림 6에서 보는바와 같이 현행 도시개발(토지이용) 형태와 상당부분 관련이 있는 것으로 나타났다. 먼저 면적구성 비율을 살펴보면 평가가중치가 가장 높은 초지 및 농지는 81.0% 으로 가장 많으며, 평가가중치가 8인 혼합지역은 2.0%로 가장 작은 부분을 차지하고 있으며, 찬공기유동에 가장 장해도가 높은 평가가중치가 0인 건축지역은 17.0%로 나타났다. 이 결과에 따르면 대구지역의 전체 찬바람 유동조건은 매우 양호한 것으로 평가되나, 실제 지역별 분포에 있어서는 매우 불균형한 것으로 평가된다. 평가가중치 10으로 나타난 지역과 0으로 나타나는 지역이 중간의 완충기능을 보이는 지역과의 공간적 연계 없이 직접 연결되어 있어 외곽지에서 생성된 찬공기의 유동이 매우 불리 할 것으로 판단되어 진다. 즉, 그림 6에서 보는바와 같이 외곽지에서 생성된 찬바람을 시가지에 유입하기 위한 통로역할이 기대되는 지역에 있어서의 거칠기가 매우 높아 찬공기 유입을 방해할 가능성이 매우 높은 것으로 평가된다. 특히 신천상류 가창골 지역과 칠곡지역 일대, 앞산계곡일대 및 도원지 주변지역 등에서의 높은 거칠기로 인하여 주변지역에서 형성된 찬공기가 정상적으로 유동되지 못하거나 정체 될 가능성이 높을 것으로 평가된다.

6. 종합평가

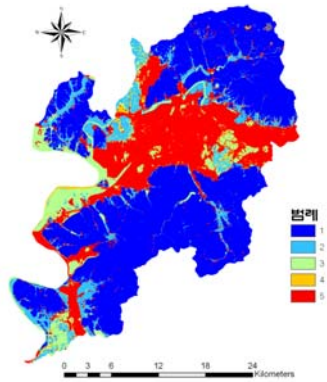

FIGURE 7. 바람길 생성 기능 평가결과

대구지역의 바람길 생성기능에 대한 종합적인 평가는 앞에서 평가한 개별요소의 결과를 중첩하여 그림 7과 같이 도출하였다. 앞에서 분석한 5가지 요소들(찬공기생성 및 유입지역 규모, 초지 및 농지비율, 평균경사도, 평균경사길이, 거칠기)의 평가결과(가중치산출)를 합계하여 표 2에서 제시한 바람길 생성평가등급(5등급)으로 구분하여 나타냈다.

대구지역의 전체면적에서 바람길 생성기능이 1등급으로 평가된 지역이 55.8%로 가장 많이 차지하고 있고, 2등급지역은 19.0%, 3등급지역은 4.4%로 가장 작으며, 4등급지역은 5.9% 이며, 바람길 생성기능이 매우 작은 것으로 평가되는 5등급지역은 14.8%를 차지하고 있다. 바람길 생성기능이 상대적으로 크다고 평가되는 1·2등급지역이 74.8%를 차지하고 있어 전체적으로 대구지역은 공간 분포상으로 바람길 생성기능이 큰 지역으로 구성되어 있

다고 평가할 수 있다. 하지만, 등급별 지역분포에 있어서는 공간분포상 매우 편중된 결과를 보이고 있다. 즉, 바람길 생성기능이 큰 1・2등급지역은 대부분 시외곽지에 분포하고 있으나, 바람길 생성기능이 미약한 4・5등급지역은 시가지내에 분포하고 있어 바람길 생성에 있어서 이들 지역간의 공간적 기능격차가 매우 크다고 할 수 있다. 따라서 대구지역의 바람길 생성기능은 면적비율에 있어서는 상당히 높은 것으로 평가할 수 있으나, 공간분포측면에서는 매우 불균형하고 비효율적인 구조로 이루어져 있는 것으로 평가되고 있다.

결 론

본 연구에서는 대구지역을 대상으로 위성영상자료를 활용하여 공간적 지형특성에 따라 실제 바람생성에 영향을 미치는 공간지형적 요소별로 바람생성기능 평가를 처음으로 시도하였다. 연구수행결과 위성영상자료 활용에 있어서 향후 보완되어야 할 사항이 부분적으로 도출되었지만 도시공간에서의 바람길 생성기능을 평가할 수 있는 자료로서의 활용가능성을 확인할 수 있었으며, 본 연구에서 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

먼저 대구지역의 전체적인 공간지형적 특성상 바람생성 기능이 높은 지역이 많은 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이들 지역은 대부분 시외곽지에 분포하고 있으며, 상대적으로 시가화된 지역은 공간지형적 특성상 바람생성 기능이 극히 열악한 것으로 나타나 도시공간 전체의 공간적 불균형이 매우 심한 것으로 평가되었다. 따라서 대구지역의 바람길 조성에 있어서 기본적으로 고려해야 될 사항으로 시외곽지에서의 우세한 바람생성기능에 의해 생성되는 찬공기를 적극 시가지내로 유입하여 효과를 유지하도록 하는 것이라 하겠다. 이러한 관점에서 본다면 시가지내의 열악한 바람생성기능을 개선하고 확보하는 계획적・제도적 방안이 무엇보다 강구 되어야 할 것이다. 또한 지역별 바람생성기능 평가를 통해서 대구지역의 바람생성기능이 지역별로 불균형한 상태임을 구체적으로 확인할 수 있었다. 즉 선별된 시외곽지에서의 바람생성기능은 매우 높은 것으로 확인할 수 있었으나 시가화된 지역과 공간적으로 연계되는 부분에서는 그 기능이 매우 약화되고 영향범위가 축소되는 것으로 나타나 실제 시가지로 유입되는 바람길 효과가 감소되는 결과를 초래하고 있는 것으로 나타났다. 마지막으로 본 연구의 결과를 바탕으로 대구지역의 바람길 도입을 위해서는 무엇보다도 도시공간 전체를 대상으로 한 도시기후현황분석도를 작성하는 것이 필요하다. 즉, 도시공간 전체를 지형 및 토지이용 유형에 따라 일정구역별로 구분하여 보다 미세한 바람생성 관련 공간지형데이터베이스를 구축하여야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업 (과제번호:07도시재생B04) 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

김진영, 정관영, 김영성. 2000. 서울 인천지역 자동기상관측 바람자료의 특성분석. 한국기상학회지 36(2):153-166.

차재규, 정응호, 류지원, 김대욱. 2007. 도시열섬 완화를 위한 녹지네트워크 및 바람길 구축. 한국지리정보학회지 10(1):102-112.

Arbeitsgruppe Freiburg. 1974. Untersuchung der klimatischen und lufthygienischen Verhältnisse der Stadt Freiburg. pp.28-42.

Baumüller, J. 1997. Stadtklima 21. CD-ROM, Landeshauptstadt Stuttgart. Afu, Abt. Stadtklimatologie(Hg.): Grundlagen zum Stadtklima

und zur Planung"Stuttgart 21", Stuttgart.

Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau(Hrsg.). 1979. Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. -Schriftenreihe Raunordnung des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bd. 06.032. pp.15-55.

Innenministerium des Landes Baden -Württemberg. 1996. Städtebauliche Klimafibel - Hinwise für die Bauleitplanung, Stuttgart. pp.36-45.

Kiese, O. 1988. Die Bedeutung verschiedenartiger Freifläen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten -Landschaft und Stadt 20. pp.67-71.

King, E. 1973. Untersuchung überkleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefärdung durch Strassenbauten. Berichte des DWD Nr. 130, Bd. 17, Offenbach. pp.40-60.

Klöppel, P. 1970. Versuch einer Berechnung der Kaltluftbewegung am Modell des Schadbacjtal bei Graach/Mosel, In: Landschaft und Stadt. pp.122-132.

Marks, R. Müller, M.(Hrsg.). 1992. Anleitung zur Bewertung des leistungsvermögens des Landschaftshauhaltes(BALVL), Forschungen zur deutschen Landeskunde Bd. 229. Trier. pp.103-107.

Landeshauptstadt Stuttgart. 1996. Kaltkuftund Windfeld-Berechnung für den Raum Stuttgart im Zusammenhanf mit der Planung für das Projekt "STUTTGART 21": Untersuchung zur Umwelt "STUTTGART 21" Heft1, Stuttgart. pp.20-36.

Regionale Planungsgemeinschaft Untermain(Hg.). 1972. Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchung in der Region Untermain, Untermain. pp.19-29. KAGIS