

# 도시 공간유형이 기후에 미치는 영향

송봉근\* · 박경훈\*\* · 김경태\*\*\* · 이우성\*\*\* · 엄정희\*\*\*\*

\*창원대학교 대학원 환경공학과 · \*\*창원대학교 환경공학과 · \*\*\*경북대학교 조경학과 · \*\*\*\*한국환경정책·평가연구원

## I. 서론

최근의 도시는 급속한 성장과정으로 인해 무질서한 도시 확산과 난개발이 발생하고 있으며, 이로 인해 도시의 환경문제가 대두되고 있다. 그 중 국지적인 개발에 따른 지형 및 열수지의 변화는 야간에 도시열섬(Urban Heat Island: UHI)현상을 야기하고(Oke, 2006), 도시의 기상조건이 변함에 따라 대기오염 물질이 정체, 확산을 달리하면서 대기질을 악화시켜 도시민의 삶의 질을 저하시키는 원인이 되고 있다(송영배, 2007).

도시의 공간은 다양한 인공구조물과 피복형태 등으로 이루어져 있으며, 이들 공간마다 서로 다른 기후적 특징이 형성된다(Oke, 2006). Ellefsen *et al*(1998)은 토지이용 패턴과 건물의 밀집도, 높이, 배치형태, 포장 재질, 수공간의 비율 등이 풍속과 풍향, 기온 등에 영향을 미친다는 것을 확인하였고, Stewart (2006)는 이러한 공간 구조에 따라 기후적 요소를 고려한 유형을 분류하고 도시 및 환경계획에 활용하여 도시 기후문제를 완화하고자 하였다. 또한, 송영배(2007)는 공간 구조상 건물이 밀집되고, 포장지가 많은 지역은 인공열의 대량 방출로 대기의 자연적 공기순환능력을 감소시키고 바람의 정체현상을 일으키며, 산림과 하천, 자연나지가 많은 지역은 차고 신선한 공기가 형성되어 바람을 일으켜 도시 내부의 공기순환을 활발하게 한다고 하였다.

국내의 경우도 공간 유형별 특징을 고려하여 도시의 기후문제를 완화하기 위해 녹지 공간 및 바람길 조성 등과 같은 연구가 이루어지고 있지만, 아직 초기 단계라 활용성에서 한계에 부딪히고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 국내외의 선행연구를 바탕으로 도시 기후에 미치는 공간적 요소들을 파악하고, 우리나라의 도시환경에 맞는 공간 유형을 분류하고자 하였다. 또한 실제 중규모 기후모델링에서 분석된 풍속과 온도 데이터를 활용하여 공간유형 분류의 적합성을 판단하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상지

본 연구대상지는 그림 1과 같이 우리나라 최초의 계획도시

이며, 경상남도 도청 소재지인 창원시로서 15개의 행정구역으로 나뉘어 있는 인구 약 50만 명의 중규모 도시이다. 대상지의 특징으로 북으로는 낙동강이 흐르고 대규모 시설농경지가 경작되고 있으며, 남으로는 주거 및 상업지역 등이 위치해 있다. 지형적으로 도시 지역 주위에는 천주산(656m), 정병산(567m), 불모산(802m) 등 산간지역이 형성되어 있어 분지형태를 띄고 있으며, 서쪽에는 마산만이 위치해 있다.

### 2. 분석방법

본 연구는 그림 2와 같이 수행하였다. 먼저 공간해상도 10×10cm의 항공사진을 활용하여 제작된 1/1,000 축척의 토지이용도와 토지피복도, DEM을 제작하였고, 공간특성요인인 건물속성과 건물높이, 불투수포장, 수공간, 녹지공간을 추출하여 공간 DB를 구축하였다.

도시공간유형(Urban spatial types)분류는 중규모 모델링(250×250m)의 결과와 비교분석을 위해 ArcGIS 프로그램의 Hawstools Extention 기능을 이용하여 공간해상도(250×250m)의 GRID로 나누었다. 그리고 각각의 GRID에 포함되는 공간특성요인의 면적비율을 산정하여 건폐율, 불투수 포장률, 수공간율, 녹지율을 분석하였고, 건물 높이에 대한 요인은 5층을 기준

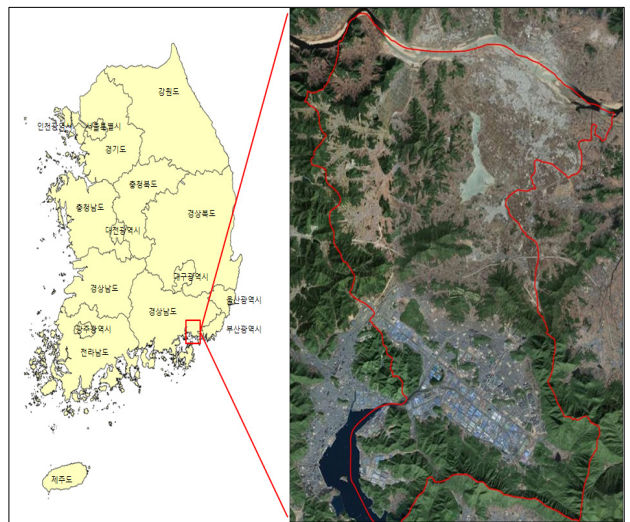


그림 1. 연구대상지

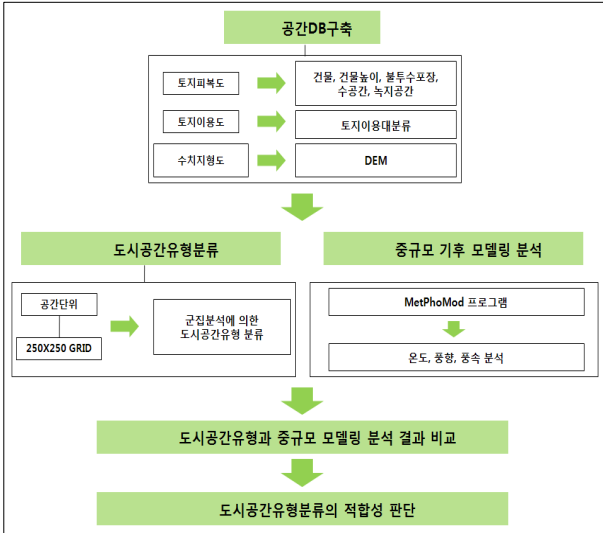


그림 2. 연구수행과정

으로 그 이상의 건물 구조는 대류 현열량의 감소가 기온에 반영되어 고온화 현상이 나타나지 않는 특징으로 인해(여인에, 2009), 본 연구에서는 건물 높이의 분류기준을 5층 이상과 5층 이하, 건물이 없는 지역으로 총 3가지로 분류하였다. 분류 결과를 바탕으로 공간유형을 분류하기 위해 SPSS 17.0 프로그램을 이용하여 군집분석(Cluster analysis)을 실시하였고, 분석항목으로 건폐율, 불투수 포장률, 수공간율, 녹지율을 입력하여 5가지의 군집유형(Cluster)으로 분류하였다. 최종적으로 군집유형과 건물 높이의 기준을 적용하여 도시 공간유형을 분류하였고, 분류결과 표 2와 같이 총 15가지의 유형으로 나타났다.

다음은 MetPhoMod 프로그램에 의한 중규모 기후 모델링 분석으로 적용기간은 4계절 중 평균기온을 웃돌고, 온화한 계절인 봄철의 3월을 적용하여 낮 12시에서 다음날 낮 12시까지 총 24시간을 분석하였다. 주 풍향은 서풍, 분석 높이는 10m를 적용하였으며, 풍향과 풍속, 기온을 분석하였다.

중규모 기후모델링에서 분석된 풍속과 기온 데이터를 이용하여 공간유형분류의 적합성을 판단하기 위해 SPSS 17.0 통계 프로그램을 활용하였으며, 분산(ANOVA)분석의 Duncan 검정으로 확인하였다.

### III. 연구 결과 및 고찰

#### 1. 도시 공간유형 분류

본 연구대상지는 총 15가지의 공간유형 분류기준을 적용한 결과 그림 3과 같이 분류되었고, 각 유형별 면적비와 형태, 기후적 특징은 표 2와 같다.

도시 공간유형별 분포는 전체 공간에서 4-C 유형이 차지하

표 1. 군집유형분류 결과

	군집유형				
	1	2	3	4	5
건폐율	2	35	1	1	12
수공간율	5	3	77	1	4
녹지율	13	8	4	89	27
포장률	9	83	2	3	45

는 비율이 가장 많았고, 다음으로 4-B 유형이 많이 차지하였다. 이것은 군집유형분류에서 산림 공간이 많은 차지하는 유형이기 때문인 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 2-C와 3-A 유형이 없는 것으로 분석되었다.

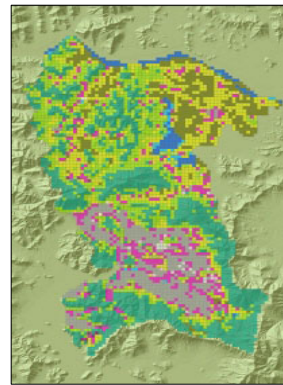


그림 3. 도시공간유형분류도

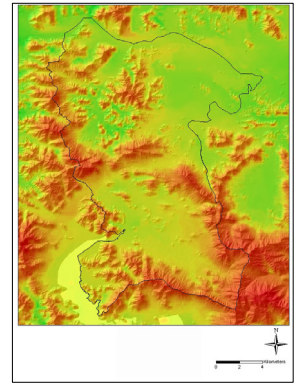


그림 4. MetPhoMod에 의한 온도 분석

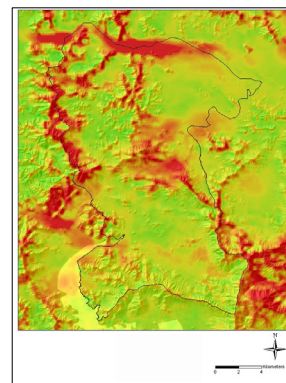
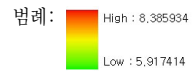
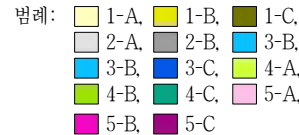


그림 5. MetPhoMod에 의한 풍속 분석

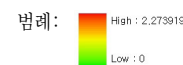


표 2. 도시공간유형 분류결과 및 기후적 특징

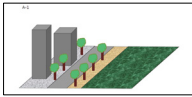
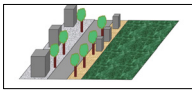
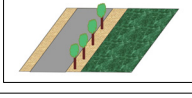
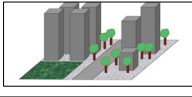

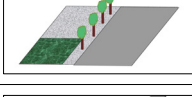
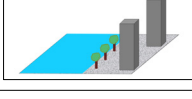

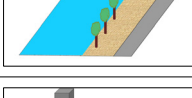
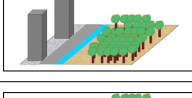
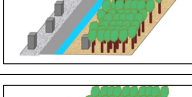
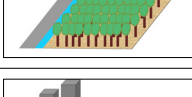

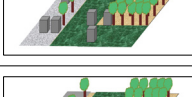

군집유형	건물높이	도시공간유형	GRID 수	비율(%)	기후적 특징
1	≥ 5 층 (A)	1-A 	4	0.09	농경지와 도시 외곽지역으로 야간에 차고 신선한 공기가 형성되어 지형에 따라 도시 내부로 유입
	< 5 층 (B)	1-B 	720	16.13	
	건물없음 (C)	1-C 	411	9.21	
2	≥ 5 층 (A)	2-A 	15	0.34	도시 내부지역으로 도시열섬현상의 원인이 되고 바람의 유입이 원활하지 못하며, 풍속이 약하여 바람 정체현상이 발생
	< 5 층 (B)	2-B 	455	10.19	
	건물없음 (C)	2-C 	0	0	
3	≥ 5 층 (A)	3-A 	0	0	하천 및 호수지역으로 차고 신선한 공기의 저장역할을 하며 일정한 풍속이 유지하고 주간에는 주변의 온도를 식혀주며, 야간에는 열을 발산하여 기온을 조절
	< 5 층 (B)	3-B 	38	0.85	
	건물없음 (C)	3-C 	117	2.62	
4	≥ 5 층 (A)	4-A 	3	0.07	산림지역으로 야간에 차고 신선한 공기가 형성되어 지형에 따라 도시내부로 유입되며, 식생에 의해 대기정화작용을 함
	< 5 층 (B)	4-B 	966	21.64	
	건물없음 (C)	4-C 	1,269	28.43	
5	≥ 5 층 (A)	5-A 	16	0.36	혼합지역으로 주로 도시 외곽지에 위치해 있으며, 도시외부에서 내부로 유입될 수 있도록 바람의 연결고리 역할을 함
	< 5 층 (B)	5-B 	436	9.77	
	건물없음 (C)	5-C 	13	0.29	

표 3. 군집유형에 의한 Duncan의 사후검증결과

인자	군집유형	N	사후검정 $\alpha = 0.05$				인자	군집유형	N	사후검정 $\alpha = 0.05$			
			1	2	3	4				1	2	3	4
온도	1	1,135	A	-	-	-	풍속	1	1,135	A	-	-	-
	3	155	-	B	-	-		3	155	A	-	-	-
	5	465	-	-	C	-		2	471	-	B	-	-
	2	471	-	-	C	-		5	465	-	-	C	-
	4	2,238	-	-	-	D		4	2,238	-	-	-	D

표 4. 도시공간유형에 의한 Duncan의 사후검증결과

인자	도시공간 유형	N	사후검정 $\alpha = 0.05$							인자	도시공간 유형	N	사후검정 $\alpha = 0.05$		
			1	2	3	4	5	6	7				1	2	3
온도	1-A	4	-	-	-	D	E	-	-	풍속	1-A	4	A	B	C
	1-B	720	A	B	C	-	-	-	-		1-B	720	A	B	-
	1-C	411	A	-	-	-	-	-	-		1-C	411	A	-	-
	2-A	15	-	-	-	-	E	-	-		2-A	15	A	B	C
	2-B	456	-	-	-	D	E	-	-		2-B	456	A	B	-
	3-B	38	-	B	C	D	-	-	-		3-B	38	A	-	-
	3-C	117	A	B	-	-	-	-	-		3-C	117	A	-	-
	4-A	3	-	-	-	-	-	F	G		4-A	3	-	B	C
	4-B	966	-	-	-	-	E	F	-		4-B	966	-	B	C
	4-C	1,269	-	-	-	-	-	-	G		4-C	1,269	-	-	-
	5-A	16	-	-	-	-	E	F	-		5-A	16	A	B	C
	5-B	436	-	-	C	D	E	-	-		5-B	436	A	B	C
	5-C	13	-	-	-	-	E	F	-		5-C	13	-	-	C

중규모 기후모델링에 의한 기온과 풍속은 그림 4, 5와 같으며, 공간유형분류의 적합성을 판단하기 위해 야간의 평균풍속과 기온 데이터를 활용하여 분산분석의 Duncan 사후검증을 실시하였다. 먼저 군집유형에 따라 검증을 실시한 결과, 표 3과 같이 유형별로 온도와 풍속에 차이가 있는 것으로 나타났지만, 표 4에서 보는 바와 같이 도시공간유형별로 검증을 실시하였을 때 건물 높이에 따른 풍속과 온도의 영향에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

#### IV. 결론

본 연구는 토지피복도와 토지이용도, 수치지형도를 이용하여 우리나라 도시환경에 맞는 도시공간유형을 분류하고자 하였으며, 이를 위해 중규모 기후 모델링 결과와 통계적 방법으로 비교분석하여 유형에 대한 적합성을 판단하였다. 유형분류 결과 총 13개의 유형으로 분류되었고, 분산분석의 Duncan 검증으로 모델링 결과와 비교해본 결과 군집유형별 온도와 풍속의 차이는 뚜렷하게 나타났으나, 건물 높이는 온도와 풍속에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이것은 풍속과 온도가

주위의 지형조건에 영향을 받기 때문인 것으로 판단되며, 향후 도시 공간유형을 분류하기 위해 주위에 인접한 지형을 고려한 분류기준의 마련과 유형분류를 위한 적절한 공간 스케일의 조정이 필요할 것으로 생각된다.

#### 인용문헌

1. 송영배(2007) 바람통로 계획과 설계 방법, 그린토마토.
2. 여인에(2009) 도시의 건폐율 및 용적률이 도시기후에 미치는 영향 분석, 한국태양에너지학회지 29(3): 19-27.
3. Ellefsen, R.(1996) Urban Terrain Morphological Data Base of the Metropolitan Areas of Sacramento, California and El Paso, Texas-Juarez, Chihuahua, report to the U.S. Army Research Laboratory, White Sands Missile Range, NM, 44.
4. Ellefsen, R.(1998) High Resolution Urban Morphology for Urban Wind Flow Modeling, Special issue on Urban Forest, Atmos. Env., Elsevier Science, UK, Vol 32, 7-17.
5. Tim R. Oke(2006) Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites, Instruments and Observing Methods Report 81.
6. Stewart, I. D.(2006) Methodological concerns surrounding the classification of urban and rural climate stations to define urban heat island magnitude, Preprints, 6th Int. Conf. on Urban Climate.