

겨울철 열섬 및 산소농도의 측정을 통한 주거지별 국지기후의 특성분석

황 지 옥 · 김 소 정*

전북대학교 건축도시공학부, *전북대학교 환경공학과
(2004년 9월 17일 접수; 2004년 12월 1일 채택)

Analysis on Residential Micro Climate of the Urban Heat Island and Oxygen Concentration in Winter

Jee Wook Hwang and So Chong Kim*

Faculty of Architecture & Urban Engineering, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

*Dept. of Environmental Engineering, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

(Manuscript received 17 September, 2004; accepted 1 December, 2004)

Rapid progress in urbanization has resulted in a change of the micro climate, especially in the urban area. In order to investigate the phenomenon of the heat island in the residential micro climate, a field survey was carried out by 4 sets of the residential type in Jeonju under typical winter synoptic condition. As analytic methode, it is used the comparison on the relation of the Land-to-Coverage Rate to Heat Island and Oxygen Concentration. And as a key question it is asked how stable characteristics of the micro climate will result from the survey of the Heat Island and the Oxygen Concentration, used as indicator. To ensure the trustworthy result of research, it is calculated the critical influence of the wind velocity and the Land-to-Covearage Rate. As a result of comparative analysis, it could be confirmed that the local temperatures in all sets of the residential type were higher than the average temperature in Jeonju. But the housing type A "exclusive use for housing zone" has relatively the most stable and best living condition. On the contrary the residential type B and D has the worst toward the oxygen concentration in the time zone 9-12 a.m., which didn't reach the minimum of the oxygen concentration 20.5%. It means that the higer the development and population density is, the worse is the situation of the Quality of Life in the residential types in accordance with the heat island and oxygon concentration.

Key Words : Heat Island, Oxygen Concentration, Residential Types, Land-to-Coverage Rate, Micro Climate, Wind Velocity

1. 연구 배경 및 목적

도시화의 진행에 따라 선진국의 경우 도시거주 인구는 1960년대 전 인구의 55%에서 현재 75%를 차지하고 있다. 우리나라도 1990년대에 이미 도시거주율이 75%를 넘었다. 이렇게 인구가 집중하는 도시의 기후여건과 대기질은 인간의 생활과 건강에

커다란 영향을 끼치는 요인으로 도시기후의 쾌적성을 평가하는 요소 중 하나로 자리잡고 있다. 그러나 인구증가와 주거지 및 산업용지 면적의 증가과정에서 대기의 질을 자정시킬 수 있는 녹지율은 도시개발과 토지의 피복률 증가에 역비례하여 지속적으로 감소되고 있다. 무엇보다 산업활동의 활성화로 많은 양의 에너지가 도시지역 내에서 집중적으로 소비되고, 이러한 현상은 도시열섬현상을 초래한다. 따라서 열섬현상은 도시의 기후특성을 가장 잘 나타내는 현상이라고 볼 수 있다.

이러한 도시 열섬현상의 연구는 도시화가 일찍이

Corresponding Author : Jee Wook Hwang, Faculty of Architecture & Urban Engineering, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea
Phone: +82-63-270-4055
E-mail: chiera@hanafos.com

시작된 외국에서는 1900년대 초부터 활발히 진행되어 왔다. 우리나라의 경우 1990년대에 들어 도시화 정도에 따른 기온분포나 경년변화¹⁾, 도시열섬과 도시미기후 관계²⁾, 대기확산모델개발^{3,4)} 등의 기초연구가 이루어져 왔다. 최근에는 토지이용의 관점에서 지표면 피복물질의 특성에 따른 열섬현상의 특성^{5~7)}과 도시 미기후와 에너지, 열섬, 바람 등을 고려한 도시개발계획을 수립의 필요성^{8,9)} 및 주거지역의 형태와 열섬과의 관계에 대한 연구¹⁰⁾ 등 응용적 접근이 시도되고 있다.

본 논문에서는 주거지의 국지기후와 대기질의 평가를 위하여 겨울철 열섬현상의 특성과 인간호흡의 핵심요소인 산소농도의 분포변화를 살펴보고자 한다. 열섬에 영향을 미치는 요인은 인공적 요인과 자연적 요인으로 나눌 수 있으며, 여름철 기온이 높은 국가에 있어서는 태양의 복사열에 해당하는 자연적 요인이 열섬의 주된 원인으로 간주되고 있으며, 냉방용 연료 및 에너지의 사용증가에 따른 인공적 요인은 이차적 요인으로 작용하고 있다. 반면 겨울철은 일조시간의 감소, 적은 일사량 및 강한 바람 등 자연현상에 따른 열섬발달보다는 Landsberg¹¹⁾가 지적했듯이 국지기후에 영향을 미치는 난방에너지의 사용, 산업활동에 따른 인공열 발생, 도시의 건축물과 도로 등에 의한 피복물의 증가, 대기오염물질 또는 이산화탄소에 의한 복사열 증가 등 인공적 요인이 주요원인으로 간주될 수 있다. 이러한 점에서 인공적인 열섬의 영향을 파악하기 위하여 주거지의 피복도를 조사하고 국지적 대기질 특성을 알아보기 위해 산소농도를 비교자료로 활용하였다. 여기서 열섬현상과 대기의 질, 특히 산소농도 사이에 직접적인 상관성을 검증하기란 쉽지 않다. 다만 여름철 열섬이 온도와 습도와 관계 속에서 불쾌지수로 평가될 수 있는 반면, 겨울철 열섬의 발생은 주로 난방이나 교통 및 산업활동과 같은 인공적 현상에 기인하며, 이러한 현상은 에너지와 다양한 대기오염물질의 배출을 증가시켜 결국 국지기후와 산소농도의 변화에 영향을 미칠 것이라는 논리적 추론을 할 수 있다. 특히 의학분야에서는 중환자 호흡관리와 성인성 호흡 곤란 증후군같은 급성 호흡곤란증 환자의 치료를 위하여 고농도의 산소요법이 장기간 사용되는 것과 같이 신선하고 적정한 산소의 분포는 쾌적한 도시 및 주거환경을 만들 수 있는 요소 중의 하나에 해당한다¹²⁾. 이러한 관점에서 겨울철 도시 내 주거지의 위치와 형태에 따른 주거지별 열섬의 특징과 산소농도를 동시에 측정하며, 이를 토대로 변화추이를 분석해 보았다.

2. 연구방법

본 연구의 접근방법은 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 본 접근방법의 핵심은 첫째, 대상지역의 비교가 용이하도록 지역별 및 주거형태별 대표성을 띄는 주거지를 선정하는 것이며, 둘째, 측정일의 날씨조건이 맑고 건조한 고기압권이며, 임계풍속이 8m/s 이하의 조건을 충족시키는데 놓여 있다. 그 이유는 이러한 조건하에서만 국지기후의 측정결과가 신뢰성 있는 데이터를 제공하기 때문이다.

2.1. 대상지 개관 및 측정지점

대상지역의 선정을 위해 우선 전라북도 전주기후대의 측후지점이 위치한 전주시청을 중심으로 서북방향에 반경 3~5km 사이에 위치한 지역 내에서 주거 형태별 특징이 뚜렷한 주거단지를 선택하였다. 이러한 기준에 의해 선택된 주거단지를 다시 입지와 형태에 따라 호반촌 전용주거지(Object Area A), 서신동 고층아파트단지(Object Area B), 덕진동 일반주거지(Object Area C) 및 금암동 저층아파트단지(Object Area D)의 4가지로 구분하였다. 대상지역의 외부환경조건은 다음과 같다. 이들 지역은 모두 전주시의 서북부에 위치하여 겨울철 전주시의 주요 바람방향인 남풍(S)과 남남동풍(SSE)의 영향을 받는다¹³⁾. 이들 지역은 전주시가 택지개발을 통해 주거지로 조성한 지역이며 4차선 이상의 도로와 이격되어 있어 교통량에 의한 미기후 영향을 최소화할 수 있었다. 전주시 중심을 통과한 공기는 전주천의 바람방향을 타고 Object Area D를 제외한 Object Area A-C를 통과하게 된다. 또한 이들 지역의 입지

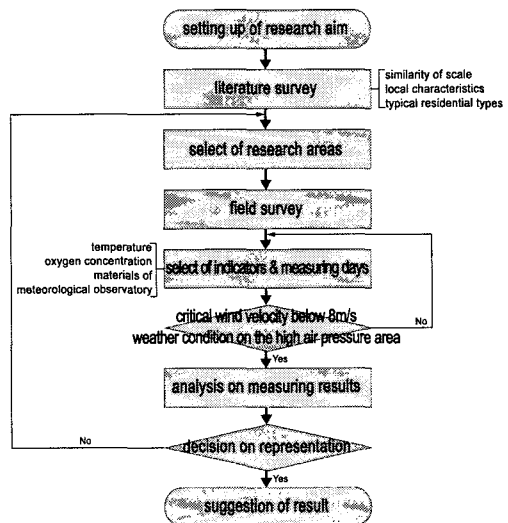


Fig. 1. Methodological Procedure.

상 차이는 A지역은 주변에 공원지역에 의한 녹지와 근접하고 연못과 전주천이 인접해 있고 Object Area B와 C도 전주천변에 위치하여 하천의 수계측 내에 위치한 유사성을 지닌 반면, Object Area D는 녹지를 제공해 줄 수 있는 공원이 존재하지 않고 수변으로부터 2km가량 떨어져 있는 차이를 나타낸다. 이렇게 Object Area A-C의 조건을 일정하게 조절한 것은 국지기후에 영향을 미치는 요인 중 외부적 요인의 유사성을 확보해 국지기후의 차이를 크게 발생시키지 않도록 함이며, 인공적 내부조건을 차별화를 통하여는 대상지역별 국지기후의 비교를 명확히 하려는 의도였다.

이러한 전제 하에 주거형태에 따른 내부조건으로 단독주택(A, C)과 공동주택(B, D)의 4개 지역으로 구분하였다. 호반촌의 전용주거지(A지역)는 전주시가 계획적으로 조성한 전용주거지로 상업시설이 배제되어 있고, 공동주차장의 경우 지표면의 피복이 초지나 나대지와 같은 자연상태를 유지하고 있어 이론상으로 열섬의 발생률이 낮은 여건을 갖추고 있다. 또 주택별 필지규모가 상대적으로 크며, 건폐율이 낮고 주택별로 고유의 녹지공간이 확보되어 있다. 반면에 덕진동 일반주거지(C지역)는 녹지공간이 많은 전북대학교와 공공체육시설에 인접해 있으나 주택 당 면적이 작고 건폐율이 높으며, 상업지역과 소규모 사업장이 복합되어 있다. 또 일부 슬럼화 현상이 빚어지는 특성을 지닌다. 서신동아파트단지(B지역)는 14층에서 19층에 이르는 아파트 단지로 둘러싸여있는 전형적인 고층 아파트단지에 해당한다. 마지막으로 금암동 아파트 단지는 1970년대 건설된 5층 이하의 저층형 아파트 단지이다. 이와 같이 주거특성이 뚜렷한 주거단지 4곳을 지정하여 피복도와 기온분포에 기초한 겨울철 열섬현상 및 산소농도의 특성을 측정하였다.

2.2. 지표면의 피복률 산정

지표면 피복률은 투수성이 낮은 콘크리트나 아스팔트 또는 기타 물질로 덮여진 면적을 퍼센트로 나타낸 수치로써 대지면적을 100%로 보았을 때 차지하는 면적 비중이다. 이러한 지표면의 피복 재료에 따라 도시지역 국지기후가 복사열에 의한 온도변화와 온도차를 일으킨다¹⁴⁾. 따라서 지표면 피복률(Land-to-Coverage Rate: LCR)을 근거로 지역 내 혹은 지역간의 온도차를 측정하고, 총대지면적에서 인공건축물이나 피복재로 덮이지 않은 부분을 초지로 가정하였다. 주거지의 경우 총대지면적에서 인공건축물이나 아스팔트와같은 피복재로 덮이지 않은 부분은 대체로 잔디밭이나 텃밭같은 초지로 활용되고 있다. 따라서 이를 초지로 가정하여 복사열의 발생이 적은 것으로 상정하였다. 다만, 피복재로 덮이지

않은 부분을 초지로 가정함에 따라 결과값에 오차가 발생할 수 있음을 전제한다. 이제 지표면 피복률을 산정하게 되는바 측적 1:5,000의 전주시 수치지도를 이용하여 대상지 내 건축면적(Floor Scale)과 도로면적(Road Scale)을 합하여 대상지 면적(Land Scale)으로 나눈 값을 취하였다.

$$LCR^{abcd} = (\sum_i FS_i^{abcd} + \sum_j TS_j^{abcd}) \div LS^{abcd} \quad (\text{식 1})$$

여기서, $abcd$: 조사대상지역으로써 a, b, c, d

FS_i : 주택 i 의 건축면적

TS_j : 도로 및 피복재활용 j 의 면적

특히 건축면적에 해당하는 건폐율(Building-to-Land Ratio: BLR)은 수치지도 상의 값과 현재 상황의 오차를 해소하기 위하여 해당지역의 지면도와 건축물대장의 용적률(Floor Area Ratio: FAR)을 이용하여 산정하였다. 또한 대상지역의 수목식재가 가능한 토지면적과 도로포장현황은 답사를 통한 직접 조사를 실시하였다.

2.3. 기온과 습도의 관측 및 산소농도 측정

대상지역에서의 측정작업은 두가지로 분류된다. 첫째는 시간대별로 기온변화를 측정하는 것과 둘째로 동일시간대에 동일장소에서 산소농도를 측정하였다. 측정지점은 조사대상지역 내 반경 2m 안에 인공 구조물이 없는 나대지를 선택하였다. 이는 웅달이 지거나 장애물과 같은 주변여건에 따라 발생하기 쉬운 기온변화의 영향을 배제하기 위함이다. 기온은 Testo400 VAC 기종의 다기능측정기를 이용하여 지상 1.5m 위치에서 측정하였으며, 온습도센서는 태양의 직사광선에 의한 영향을 배제하기 위해 알루미늄 호일로 된 방사선 차단용 우산을 부착하여 측정하였다. 기기의 측정평균값 응답시간은 120초에 해당한다. 오차한계는 건구온도 및 습구온도의 경우 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 에 해당한다. 특히 습도의 측정범위는 $+0 \sim +100\%$ RH 범위에서 이루어진다. 이렇게 측정된 주거지의 측정값과 열섬현상을 전주기상대에서 제공된 데이터와 비교하였다. 더불어 대기 중의 산소농도는 대기중 산소와 이산화탄소 측정이 가능한 LMSxi-Type G4 기종을 이용하여 적외선법으로 산소농도를 측정하였다. 기기의 오차한계는 $\pm 0.05\%$ 이고 단위는 %로 출력하였다.

2.4. 측정일과 측정시간의 선정

측정일은 수분증발에 따른 기온변화의 영향을 배제할 수 있도록 눈이나 비가 내리지 않고, 고기압 영향권 내에 있는 맑고 기온이 낮은 날을 전주기상대의 예보에 맞추어 선정하였다. 또한 선정일 중 측정 시간대에 부는 바람의 풍속이 열섬의 발달을 저

지하는 풍속임계치보다 낮은 날을 선택하였다. 이러한 기상예보 조건을 충족시키는 시점은 2004년 1월부터 2월사이의 3차례 측정일 로써 다음의 Table 2-4에는 이 때의 측정값이 제시되어 있다.

측정시간대는 전주기상대의 온도측정이 3시간 간격으로 이루어짐을 기준으로 동일시간대에 측정하

였으며, 측정은 대상지역마다 2곳을 선정하여 측정 한 뒤 평균값을 최종값으로 활용하였다. 그러나 1차 측정의 경우 기상예보와 달리 야간시간대(18시 이후)에는 강설로 열섬발달을 파악할 수 있는 유의미한 온도값의 파악이 어려웠으며, 2차 측정의 경우 오후시간대(12~18시)에 풍속이 국지적으로 풍속임

Table 1: Outline of the Object Areas

Object Areas Characteristics	A	B	C	D	
Name of Object Areas	Hobanchon	Seosindong	Dukjindong	Geumamdong	
Size of Object Area	44878.5m ²	63688.4m ²	56536.2m ²	32501.0m ²	
Size of Building Lot	16847.4m ²	9675.0m ²	27760.5m ²	6744.8m ²	
Size of Building Floor	35529.5m ²	128928.3m ²	46789.8m ²	31783.4m ²	
Size of Road	9688.5m ²	34260.8m ²	12995.8m ²	11976.2m ²	
Building-to-Land Ratio	47.9 %	19.6 %	63.8 %	21.9%	
Floor Area Ratio	101.0 %	261.1 %	107.5 %	103.4%	
Road Area Ratio	21.6 %	53.8 %	23.0 %	36.9%	B, D : inclusive of the Road Area in Object Areas
Land Covering Ratio	59.1 %	69.0 %	72.1 %	57.6%	

Source: Jeonju 1: 5,000 Digital Map, recomposed from the Masterplan in Jeonju (2002. 09)¹⁵⁾.

Table 2. Field survey 1 (12-13. Jan. 2004.)

Measuring time (time)		15	18	21	24	3	6	9	12
Statistics of daily weather	wind direction	SW	WSW	NW	W	W	NW	W	W
	wind velocity(m/s)	3.1	3.4	5.7	4.5	3.6	2.6	2.9	4.5
	temperature(°C)	5.0	2.1	0.0	-1.8	-2.3	-3.0	-3.3	-0.2
	humidity(%)	51							
A	temperature	4.9	1.7	0.1	-0.1	-1.1	-2.3	-0.4	0.9
	oxygen conc.(%)	20.6	20.9	21.0	21.1	20.8	20.7	20.9	20.9
	wind velocity	3.7	3.9	8.0**	4.8	4.3	2.4	3.8	5.3
B	temperature	4.9	1.1	0.2	-0.4	-1.1	-2.5	-0.1	0.5
	oxygen concentration	20.5	20.8	20.9	21.0	20.8	20.7	20.8	20.5
	wind velocity	4.0	4.2	8.4**	4.9	4.1	3.2	3.1	6.2
C	temperature	5.1	1.6	0.5	-0.3	-0.9	-1.1	-0.5	1.5
	oxygen concentration	20.4	20.9	20.7	20.9	20.8	20.7	20.9	20.6
	wind velocity	3.8	2.7	6.3	3.8	2.9	2.8	2.9	4.9
D	temperature	4.8	0.8	0.3	-0.6	-0.8	-1.0	-1.8	1.1
	oxygen concentration	20.3	20.8	20.7	20.8	20.7	20.7	20.9	20.5
	wind velocity	3.5	3.8	5.7	4.0	3.4	3.4	2.7	4.2

Note*: It was impossible to measure the humidity at the time zone 18 p.m. 12. Jan. ~12 a.m. 13. Jan. because of snowfall.
 Note**: The wind velocity of Area A and B at 21 p.m. was locally over the critical wind velocity of heat Island. And the Area C came close to the one of heat island. Hence it was impossible to use the measuring results as analysis sources.

겨울철 열섬 및 산소농도의 측정을 통한 주거지별 국지기후의 특성분석

Table 3. Field survey 2 (27.-28. Jan. 2004)

Measuring time (time)		15	18	21	24	3	6	9	12
Statistics of daily weather	wind direction	W	WSW	SE	SSE	SSE	SSE	ESE	NNW
	wind velocity(m/s)	3.2	2.6	0.8	0.6	0.8	1.5	0.7	3.1
	temperature(°C)	1.3	-0.9	-2.6	-4.5	-6.4	-5.8	-2.5	2.8
	humidity(%)	50	65	76	84	84	79	74	55
A	temperature	1.3	-1.2	-1.6	-2.3	-3.9	-5.1	2.2	2.8
	oxygen conc.(%)	20.7	20.9	20.7	20.9	20.8	20.6	20.8	20.9
	wind velocity	8.2**	6.1**	1.7	1.9	1.9	3.1	2.9	8.1**
B	temperature	1.4	-1.9	-2.2	-3.1	-4.6	-5.4	2.8	3.4
	oxygen concentration	20.8	20.9	20.7	20.8	20.7	20.6	20.7	20.7
	wind velocity	8.3**	6.5**	2.3	2.0	1.8	2.8	3.1	8.2**
C	temperature	1.4	-1.4	-2.9	-3.3	-5.1	-4.3	2.0	3.6
	oxygen concentration	20.3	20.7	20.6	20.7	20.6	20.5	20.8	20.3
	wind velocity	4.3	3.1	1.3	0.8	1.1	1.3	1.9	4.1
D	temperature	1.3	-2.4	-2.6	-3.5	-5.3	-3.8	1.2	2.9
	oxygen concentration	20.4	20.6	20.7	20.7	20.6	20.5	20.8	20.4
	wind velocity	3.4	2.9	1.7	1.5	0.9	0.9	2.3	4.9

Note **: Either the wind velocity of the time zone 12-18 at the object areas, A and B was over the critical wind velocity of heat Island, or over its average value. Hence it was impossible to use its measured value for trustworthy result of analysis on the heat island.

Table 4. Field survey 3 (10.-11. Feb. 2004)

Measuring time (time)		15	18	21	24	3	6	9	12
Statistics of daily weather	wind direction	W	W	SSE	SSE	SSE	No Wind	SE	SSW
	wind velocity(m/s)	2.1	2.1	1.1	0.6	1.4	0.1	2.2	4.4
	temperature(°C)	6.0	3.7	-0.3	-1.6	-3.0	-2.8	0.4	7.7
	humidity(%)	15	29	63	64	69	68	61	62
A	temperature	6.0	3.3	0.3	1.2	-0.1	-1.4	3.8	8.2
	oxygen conc.(%)	20.6	20.8	20.7	21.0	20.9	20.7	20.9	20.9
	wind velocity	2.6	2.4	2.4	1.3	2.4	1.1	2.8	5.3
B	temperature	6.3	3.5	0.8	1.0	-0.2	-1.4	4.6	7.9
	oxygen concentration	20.5	20.8	20.7	20.8	20.7	20.6	20.7	20.4
	wind velocity	3.1	2.9	2.3	2.1	3.1	1.8	3.7	6.1
C	temperature	6.6	3.1	0.7	1.1	-0.2	-0.8	3.9	9.0
	oxygen concentration	20.3	20.8	20.7	20.8	20.7	20.6	20.8	20.4
	wind velocity	2.4	2.1	1.7	0.7	1.2	1.1	1.3	3.7
D	temperature	5.9	2.5	0.4	1.0	0.3	-0.5	2.5	8.4
	oxygen concentration	20.4	20.7	20.7	20.7	20.7	20.6	20.8	20.3
	wind velocity	2.0	1.8	1.4	1.0	1.7	0.9	3.1	4.8

계치보다 빠르거나 근접값을 나타내 열섬발달에 유의미한 값으로 판단하기에 어려웠다. 3차 측정은 전

체시간대가 조건을 충족시켰다. 이상의 자료를 기초로 풍속임계치를 계산하게 되는 바, 풍속임계치는

도시의 규모에 따라 차이를 두고 추정하게 된다. 여기서 도시의 규모를 나타내는 적합한 변수를 찾는 것은 용이하지가 않다. 다만, Landsberg에 따른 도시의 온도변화에 미치는 뚜렷한 요인으로는 인구수를 들 수 있다. 인구수의 증감에 따라 에너지 소비량, 활동량 등이 변하여 도시기온도 이에 상응하는 상승률을 나타내기 때문이다. 특히 Oke와 Hannell (1970)은 도시규모를 규정함에 있어서 인구수가 기준이 됨을 제시하고 있어 본고에서도 이를 따르기로 하였다¹⁶⁾. 이에 따라 Oke와 Hannell¹⁷⁾이 제안한 식을 이용해 전주시의 열섬 임계풍속을 정하였다.

$$U_{lim} = 3.4 \log P - 11.6 \quad (\text{식 } 2)$$

여기서, U_{lim} = 열섬 임계풍속

P = 대상도시의 인구수

이 식에 의해 전주시의 인구수 600,000명을 기준으로 계산할 경우 전주시의 임계풍속은 8.05m/s에 해당한다. 따라서 실험측정일 시간대의 대상지역 임계풍속이 대체로 8.05m/s보다 낮아 열섬현상의 측정을 위한 실측자료는 신뢰성이 있는 것으로 판단된다(참조: Table. 5).

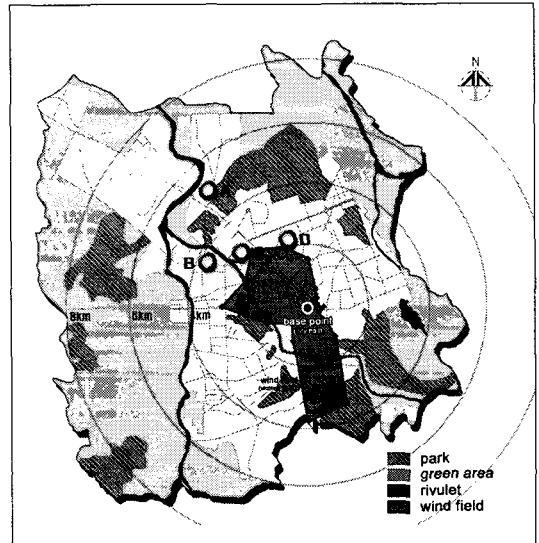
3. 측정결과

3.1. 측정값

3.1.1. 온도와 열섬강도

온도 측정의 결과 전체적 패턴은 1차 측정, 2차 측정의 결과값이 풍속의 영향이 강하였던 시간대와 눈이 내린 시간대의 결과값을 제외한 모든 시간대에서 3차 측정의 결과값과 유사한 패턴을 보였다. 이상의 평균적 온도분포는 Fig. 4와 같다. 서풍(W)이 평균 초속 2.1m/s로 불던 15시와 18시 사이에는 모든 대상지의 온도 차이가 적었다. 그러나 바람방향이 남남동(SSE)풍으로 변하고 풍속이 약해짐에

따라 21시부터 각 지역의 온도차가 발생한다. 자정이 되면서 풍속이 0.6m/s가 되고 A와 B지역이 온도가 높게 나타나지만 해가 뜨기 직전 복사역전이 일어나 수직흐름이 없고, 수평적 바람이 전혀 불지 않은 새벽 6시에는 D지역의 온도가 가장 높고 C지역, A지역, B지역 순으로 나타났다. 해가 뜨기 시작하는 6시 이후에는 모든 지역의 온도가 태양복사에너지에 의해 상승하는 경향으로 바뀌었다. 오전 6시부터 9시 사이에는 풍향이 남동(SE)풍으로 바뀌고 풍속이 2.2m/s로 빨라졌다. 이 기간동안 온도상승폭이 가장 큰 지역은 B지역으로 6°C상승했고, A지역(5.2°C), C지역(4.7°C), D지역(3°C)이 뒤를 이었다. 이렇듯 각 지역의 온도상승률의 차이에 의해 정오(12시)에는 온도차이가 매우 적게 나타났지만 C지역의 온도가



Note : Meteorological Observatory in Jeonju is the Basic Point of Temperature Measurement.

Fig. 2. Map of Research Objects & Wind Field in Jeonju.

Table 5. Daily Meteorological Statistics

Time	wind direction	wind velocity(m/s)	temperature(°C)	humidity(%)	
Average value at measured days	15	W	2.1	6.0	15
	18	W	2.1	3.7	29
	21	SSE	1.1	-0.3	63
	24	SSE	0.6	-1.6	64
	3	SSE	1.4	-3.0	69
	6	No wind	0.1	-2.8	68
	9	SE	2.2	0.4	61
	12	SSW	4.4	7.7	62

Source : Meteorological observatory in Jeonju, recomposed from the materials of meteorological observatory.

겨울철 열섬 및 산소농도의 측정을 통한 주거지별 국지기후의 특성분석

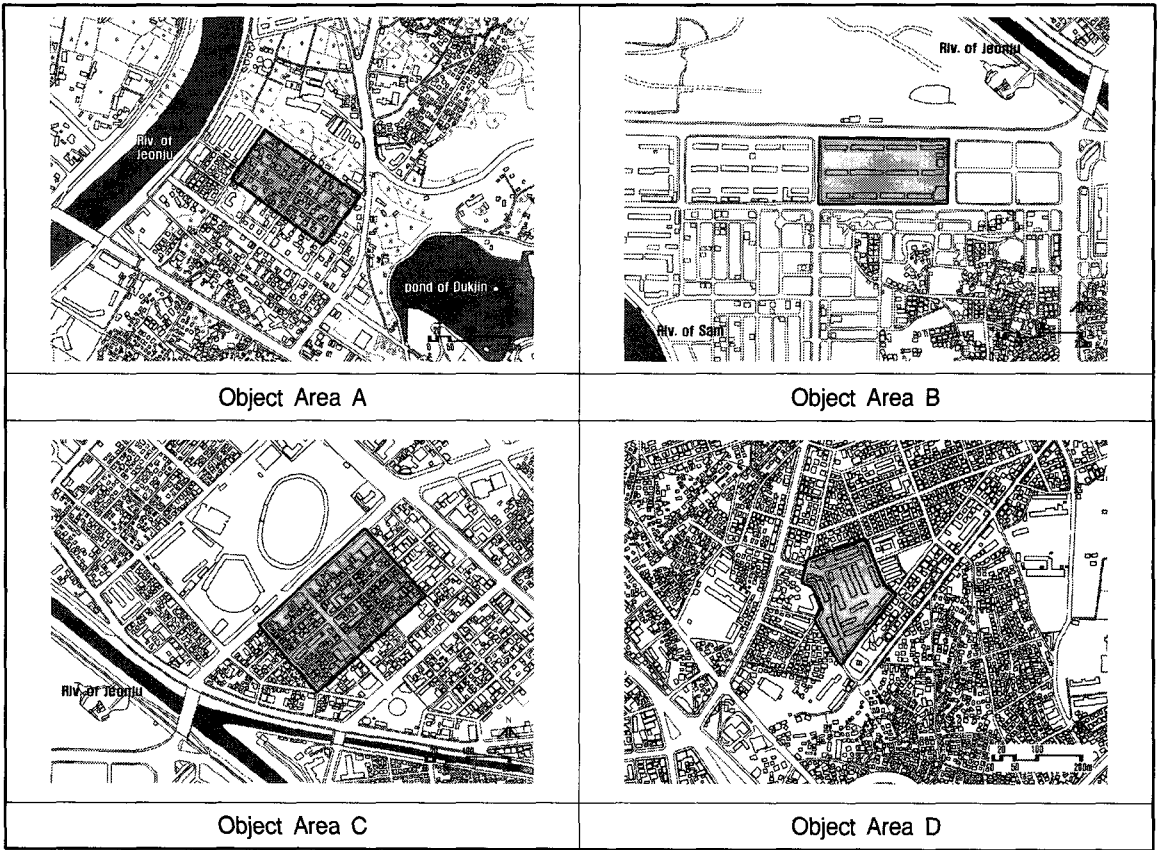


Fig. 3. The Local Situation of Research Objects.

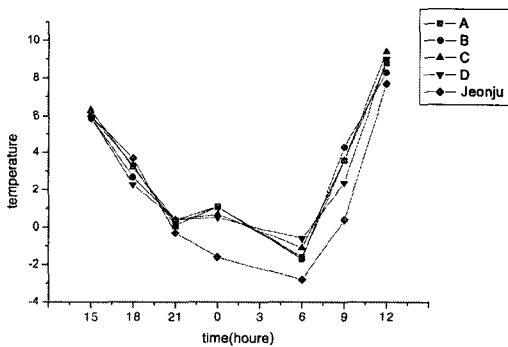


Fig. 4. Average Temperature at the field survey 1-3.

가장 높았다. 또 이 시간에는 바람방향이 남남서(SSW)풍으로 변했고 풍속이 4.4m/s로 바뀌어 B지역의 온도상승률만 감소되고 나머지 지역은 온도감소율의 차이가 없었다.

열섬의 강도는 측정지점의 온도에서 기상대 측정 온도를 뺀 값으로 나타난다. 열섬강도의 변화를 나타낸 Fig. 5를 보면 서풍이 부는 15시와 18시에는

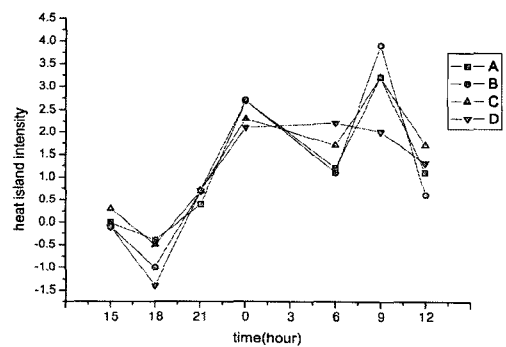


Fig. 5. Average intensity of heat island at field survey 1-3.

열섬의 강도가 음수값을 가지면서 대상지역의 온도가 더 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 18시 이후 겨울철 열섬발달의 인공적 요인으로 주거단지 내 진입 교통량이 증가하고 주거지내 연료사용량이 증가하는 시점인 자정까지 전체 대상지역에서 열섬의 강도는 증가하였다. 특히 A와 B지역의 열섬강도가 최고조를 이루는데 이는 바람방향이 남남동(SSE)풍

인데 상대적으로 북서부에 위치해 이들 지역이 전주시 중심부를 통과한 바람의 영향을 받아 열섬 강도가 높게 나온 것으로 분석된다. Fig. 5에서 눈여겨 볼 것은 새벽 6시이다. 이 때 바람은 초속 0.1m/s로 무풍이었으나 D지역의 열섬강도는 가장 높고 A와 B지역은 낮게 측정되었다.

전체적인 열섬 강도의 변화 추이를 살펴보면 A와 B지역은 에너지 사용량에 비례하여 에너지 사용량이 증가하는 오후 6시에서 자정까지, 그리고 새벽 6시에서 오전 9시까지 열섬강도가 상승하는 양상을 보인다. 반면에 C와 D지역은 오후 6시에서 자정까지 상승된 열섬강도가 계속 유지되는 경향을 보인다.

3.1.2. 주거단지별 산소농도

대기 중의 산소농도는 인체의 호흡과 순환계의 활성에 밀접한 관련이 있다. 특히 건강한 생활을 유지하기 위해서는 신선한 산소가 적정 밀도를 유지하며 지속적으로 공급되어야 한다. Table 6은 대기 중의 산소농도에 따른 인체의 영향을 요약한 것이다. Table 6에서 보는 바와 같이 20.9%는 대기중 표준산소농도를 의미하며, 환기량기준치인 산소농도가 20.5% 이하로 떨어질 때는 실내 공기의 환기가 필요하다. 난방장치와 조리시설이 갖추어진 주거공간은 실내의 산소를 소모하고 산소 결핍을 예방하기 위해 환기가 필요하게 되는데 실외의 공기 중 산소농도가 20.5% 이하가 되면 환기의 의미가 없어진다.

Fig. 6에 나타나 있는 바와 같이 18시에서 21시까지는 퇴근시간대에 해당하여 단지내 유입교통량의 증가, 주거지 내 연료사용량의 증가 등으로 모든 대상지에서 산소농도가 감소한다. 그러나 바람방향이 서풍(W)이어서 급격한 산소농도 감소는 관찰되지 않았다. 21시 이후 바람이 남남서(SSW)풍으로 바뀌

면서 단지별 특성이 드러나기 시작한다. 0시에 A지역의 산소농도는 21%에 달하고 B, C지역도 역시 0.1%의 산소농도 증가를 보인다. 그러나 D지역은 산소농도의 변화가 없다. 0시에서 6시까지는 모든 대상지에서 산소농도의 감소경향이 나타난다. 6시에 A지역이 20.7%로 가장 높고, B, C, D지역은 20.6%였다. 6시에는 바람이 전혀 없어서 공기혼합이 일어나지 않아 새로운 공기의 유입이 없었다. 그래서 산소가 고갈되고 이산화탄소가 농축된 결과로 보인다. 6시에서 9시 사이에는 다시 바람이 불기 시작하여 공기의 이동에 따라 산소농도가 증가하게 되나, 주거단지 내 교통량의 증가와 주민 활동량이 증가하는 시간대인 9시에서 12시에는 바람의 세기가 증가하지만 A지역의 산소농도는 20.9%로 유지되고 B, C, D 지역의 산소농도는 급격히 감소한다. 특히 D지역은 20.3%까지 감소하는 것으로 측정됐다.

3.2. 연구결과 : 주거단지별 국지기후의 영향

각 지역의 국지기후의 결과값은 Table 7에 나타

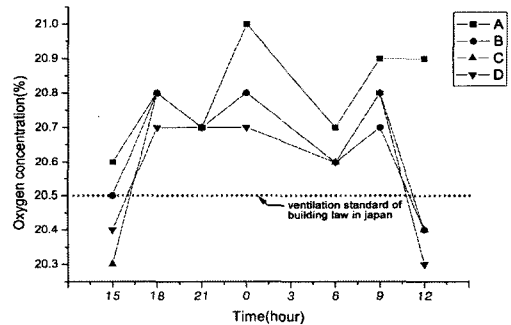


Fig. 6. Average Oxygen Concentration at field survey 1-3.

Table 6. Influence of oxygen concentration on the human organism (%)

Oxygen Conc.	Influence on human organism
50~100 ^{18,19)}	oxygen toxicosis, damage of lungs
21~50 ²⁰⁾	increase of physical exercise capability, application of oxygen therapy
20.9 ^{18,19)}	standard of atmospheric oxygen concentration
20.5 ²¹⁾	ventilation standard, based on the building law in Japan
19~20 ^{18,19)}	difficulty in breathing, CO increase due to imperfect combustion
18 ²²⁾	oxygen shortage, based on the industrial public health standard
12~16 ^{18,19)}	increase of pulse and breathing rat, headache as well as defects of mental concentration
9~14 ^{18,19)}	decline of perception, insensibility, defects of memory, rise in body temperature
6~10 ^{18,19)}	Unconsciousness, defects of central nerve, convulsions
below 6 ^{18,19)}	coma→slow breathing→apnoea (stop breathing)→heart stoppage after 6~8 min.

Table 7. Comparison of Heat Island and Oxygen Concentration

	A	B	C	D
Land Covering Ratio(%)	59.1	69.0	72.1	57.6
Floor Area Ratio(%)	85.1	261.1	88.2	103.4
Max. of Heat Island (time zone)	+3.2 (9)	+3.9 (9)	+3.2 (9)	+2.2 (6)
Min. of Oxygen Conc. (%) (time zone)	20.6 (15)	20.4 (12)	20.3 (15)	20.3 (12)
Max. of Oxygen Conc. (%) (time zone)	21.0 (24)	20.8 (18,24)	20.8 (18, 24, 9)	20.8 (9)

난 피복도와와의 관계 속에서 열섬과 산소농도로 살펴볼 수 있다. 열섬의 강도는 전체 측정시간대의 평균값을 기준으로 살펴볼 경우 D지역이 가장 낮아 온도가 안정적으로 유지되고 있는 지역에 해당하였고 A와 C지역은 같게 나타났으며, B지역이 가장 높게 나타났다. 이 자료를 피복률과 비교해 보면 피복률이 가장 낮은 D지역의 열섬강도가 낮은 것은 기존의 자료와 동일한 결과지만 상대적으로 피복률이 높은 C지역이 B지역 보다 열섬강도가 낮은 것은 의외의 결과였다. 이러한 결과는 우선 용적률을 함께 고려할 때 해석이 가능하다. 즉, B지역은 A, C, D지역보다 용적률이 두배 이상에 해당한다. 따라서 겨울철 열섬의 강도는 피복률과 함께 용적률과 같은 인공적 요인에 크게 영향을 받고 있음을 확인할 수 있었다.

피복도에 기초하여 산소농도를 대상지 별로 비교하면 그 양상은 A지역과 B, C, D지역으로 양분된다. A지역의 최저 산소농도는 나머지 지역과 +0.2~+0.3%, 최고산소농도는 +0.2%의 차이를 보여 산소농도에 있어서 가장 쾌적한 상태였다. 그런데 A지역은 D지역보다는 피복률이 높은데도 불구하고 D지역보다 산소농도가 높게 나타났는데 그 원인도 열섬과 마찬가지로 용적률의 차이에서 찾아야 함을 알게 된다. 그 이유는 용적률이 20%정도 차이가 나기 때문에 피복도가 2%정도 차이나는 것을 상쇄시키는 것으로 판단된다.

또 A지역은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 외부환경이 공원과 수계로 둘러싸여 있기 때문에 도시내에 위치한 주거지 입에도 불구하고 일상적으로 비교적 높은 산소농도를 유지할 수 있었다. 반면에 D지역은 피복률과 용적률이 A지역과 비슷하지만 녹지의 영향을 받기 힘든 곳에 위치하여 산소농도가 피복도와 용적률이 높은 B, C지역과의 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면에 용적률이 높은 B지역과 피복률이 높은 C지역은 수계변에 위치함에 따라 공기의 흐름이 원활하여 산소농도에서 D지역과의 차이가

적은 것으로 판명되었다.

4. 결론 및 후속연구

이상에서 실측지역의 대기온도의 변화와 산소농도를 비교하여 주거지별 특성을 평가할 경우 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 전용주거지에 해당하는 호반촌은 고급주택지이자, 수계와 인접하여 열섬현상과 산소농도의 대기환경 면에서 상대적으로 쾌적한 여건을 갖추고 있다.

둘째, B지역의 고층아파트촌과 같이 주거지구의 용적률이 높아 인구밀도가 높게 나타나며, 지표의 피복률이 높아 식생의 분포가 낮게 나타날 경우에도 겨울철 열섬현상이나 산소농도의 면에서 주거의 질은 떨어지는 것으로 파악된다.

셋째, 환기를 위한 최소기준인 20.5%에 미달하는 지역으로는 B, C, D지역이 해당하나, Fig. 6에 나타난 바와 같이 B지역은 최저농도가 새벽 0시대의 측정시간에만 20.4%에 해당할 뿐, 대체로 양호한 패턴을 보였다. 다만, C와 D지역은 인간의 활동량이 많은 낮 시간 동안 20.3%까지 산소농도가 감소하는 것으로 관찰되었다. 특히 금암동(D)의 경우는 피복률이 57.6%로 가장 양호한 상황과 높은 녹지분포를 나타나고 있음에도 산소의 농도는 가장 나쁘게 측정되고 있다. 무엇보다 주간의 시간대(06시-18시)에는 단지내 산소농도가 표준산소농도 미만으로 떨어져 환기가 무의미한 정도에 이른다. 이는 D지역이 Fig. 2의 바람장미도에 나타난 바와같이 A-C지역이 주변의 수계를 따라 불어오는 바람과 달리 도심을 통과하여 불어오는 남남동풍에 영향을 많이 받아 발생한 현상이라고 볼 수 있다.

그러나 이상의 연구에 나타난 결과는 상대적 결과값을 의미하는 것으로 쾌적한 대기환경을 위한 적정입지, 적정밀도 및 적정피복률에 대해서는 더욱 광범위한 사례분석과 개별 영향요인에 대한 구체적인 후속연구가 필요하다. 특히 밀폐공간에서의 측정이 아니었기 때문에 외부의 영향을 완벽하게 배제하기란 불가능한 연구의 한계점을 지니고 있었다. 나아가 본 연구에서 심도있게 다루지 못한 교통량의 증가와 난방에너지의 소비량 증가에 따른 열섬강도의 증가에 대한 심도있는 검증도 필요하다. 또한 겨울철에 한정된 연구의 결과이기 때문에 신뢰도가 높은 연구결과를 도출하기 위해서는 상시적 측정과 검증이 필요할 것이다.

참고 문헌

- 1) 한영호, 김보현, 이동인, 1993, 부산지역 도심지의 열섬현상과 기온변화에 관한 연구, 한국기상

- 학회지, 29(3), 205-216.
- 2) 조현길, 안태원, 1999, 도시녹지에 의한 미기후 개선의 기능, 한국조경학회지, 27(4), 23-28.
 - 3) 윤일희, 민경덕, 김경익, 1994, 대구지역의 기상 특성 연구 및 대기 확산 모델의 개발 II. 도시 열섬 특성에 관한 사례 연구, 한국기상학회지, 30(2), 303-313.
 - 4) 윤소원, 이동근, 2003, The development of the evaluation model of climate changes and air pollution for sustainability of cities in Korea, Landscape and Urban planning, 63, 145-160.
 - 5) 김유근, 2001, Land use 변조에 의한 국지지역 열환경 수치모의, 부산대학교 석사학위논문.
 - 6) 서정인, 2001, 지표면 피복상태가 도시기온 변화에 미치는 영향에 관한 기초적 연구-경산시 시가지 일대를 중심으로, 영남대학교 석사학위논문.
 - 7) 김학열, 김운수, 2002, 토지이용에 따른 도시지역 대기온도변화에 관한 통계모델 연구, 대한국토·도시계획학회, 2002 추계학술대회 I, 493-500 pp.
 - 8) 윤용한, 2001, 녹지에 의한 열섬현상의 저감효과에 관한 연구-풍속과의 관련성에 관해서, 대한국토·도시계획학회, 국토계획, 36(2), 187-196.
 - 9) 박경훈, 정성관, 1999, 광역적 도시계획수립을 위한 도시열섬효과 분석, 한국지리정보학회지, 2(3), 35-45.
 - 10) 황지옥, 김소정, 2003, 도시열섬현상의 주거 형태별 비교분석, 대한국토·도시계획학회, 국토계획, 38(7), 235-244.
 - 11) 이현영(역), 1989, 도시기후학, Helmut E. Landsberg 저, 한국학술진흥재단번역총서 63, 대광문화사, 123-124pp.
 - 12) 김유희, 이춘희, 1995, 환취에서 100% 산소 전처치가 폐의 산소중독증에 미치는 영향, 대한마취과학회지, 29, 633-647.
 - 13) 전주시 기상대, 2003-2004, 일기상통계표, 전주시 겨울철 바람장
 - 14) Fezer, F., 1975, Lokalklimatologische Interpretation von Thermalluftbildern, Bildmessung und Luftbildwesen, 152-158pp.
 - 15) 전주시, 2002, 전주시 도시기본계획 2002.09, 2021년 전주시도시기본계획.
 - 16) Landsberg, H. E., 1975, Atmospheric changes in a growing community. Inst. Fluid Dynamics Appl. Math. Tech. Univ. of Maryland, College Park, Maryland, Note, Nr. BN 823, 54pp.
 - 17) Oke, T. R. and F. C. Hannell, 1970, The form of the urban heat island in Hamilton, Canada, Urban Climates, WMO Tech. Note, 108, 113-126.
 - 18) Nash, G., J. B. Blennerhassett and H. Poutoppidan, 1967, Pulmonary lesions associated with oxygen therapy and artificial ventilation, N. Engl. J. Med., 276, 368-374.
 - 19) Clark, J. M., Lambertsen, 1971, Pulmonary oxygen toxicity, A Pharm Rev., 23, 301-133.
 - 20) 김성수, 1996, 스포츠생리학, 신광출판사, 58-63pp.
 - 21) 일본건설교통성, 2003, 일본건축법시행령 제2장 1절2항 및 제2조3항.
 - 22) 노동부, 2003, 산업보건기준에관한규칙, 제17조3항, 전문개정 2003.7.12 노동부령 제00195호.