

고층건물 풍상면과 풍하면의 기온차

김 일·최 화어·금향·구희영·정해연·김문성·이규석

성균관대학교 조경학과

A Study on Air Temperature Difference between Windward and Leeward Side at High-rise Buildings

**Jin, Ri-Cui, Hua-Yu, Jin-hang-Ku, Hee-yeong-Zheng, Hai-yan
Jin, Wen-cheng and Lee, Kyoo-seock**

Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University.

ABSTRACT

To investigate the air temperature difference between windward and leeward side at high-rise building area, the air temperature and relative humidity data were observed for 10 minute interval from July 9, 2011 to November 30, 2011. The observed data were compared, analyzed and examined to illustrate air temperature between windward side (H Apartment) and Leeward side (W Apartment). The diurnal and seasonal variation of air temperature difference between windward and leeward site were also investigated. After the analysis, the overheat of windward side by 0.4℃ irrespective short distance of two observation positions. It was also lower than those of surrounding air temperature observing stations. It is mainly due to the air temperature decreasing effects of leeward side of high rise buildings.

Key Words : *site planning, urban climate, air temperature, high-rise buildings.*

First author : Jin, Ri, Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, 300 Cheoncheon-dong, Jangan-gu, Suwon, Gyeonggi-do 440-746, Korea,
Tel : +82-31-290-7853, E-mail : jr322@hanmail.net

Corresponding author : Lee, Kyoo-seock, Department of Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, 300 Cheoncheon-dong, Jangan-gu, Suwon, Gyeonggi-do 440-746, Korea,
Tel : +82-31-290-7845, E-mail : leeks@skku.edu

Received : 28 November, 2011. **Revised** : 16 February, 2012. **Accepted** : 24 February, 2012.

I. 서 론

도시화가 진행됨에 따라 지표면의 열수지 및 풍향풍속 등이 변화되었고 이러한 현상으로 인해 독특한 도시기후가 형성되었다(Landsberg 1981). 특히 고층건물¹⁾로 이루어진 시가지 지역에는 빌딩의 높이, 단지 내 배치에 따라 주변지역에 독특한 미기후를 형성하며 (Oke, 1987) 이러한 미기후 현상은 빌딩바람의 계절별, 시간별 차이, 동계 체감온도의 저하, 보행의 불편, 먼지의 날림 등 현상이 빈번히 발생되어 인간 활동에 피해를 주고 있다(김영덕, 1998; 신지웅, 2005; 김재철·이규석, 2007). 고층건물 단지는 태양복사량의 직달입사 및 반사에도 영향을 미쳐 고층건물단지 내 건물 배치와 밀도, 높이는 주변 건물의 미기후에도 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다(Oke, 1974; Lowry, 1991; Givoni, 1998). 고층건물 풍상면과 풍하면은 바람환경에서 풍속의 뚜렷한 차이를 보이며(Jin and Lee, 2009) 밀집된 초고층빌딩 지역은 도로협곡의 미세지형 특성상 복사에너지가 대기 중으로 방출되는 것이 억제되 도시열섬속의 열원을 형성하여 인접 지역보다 기온이 높고 (Jin and Lee 2012) 풍하면에서는 동절기에 기온 역전이 심하여 오염물질이 지표면에 침적할 가능성이 높다고 하였다(정해연 등, 2010). 이와 같이 고층건물의 바람이 불어오는 풍상면²⁾과 바람이 불어가는 풍하면³⁾은 미기후 환경이 다르며 풍상면과 풍하면의 기온차이를 비교 분석한 연구는 아직 없는 실정이다.

그러므로 본 연구는 도시 초고층빌딩⁴⁾의 풍상

- 1) 높이가 약 20m 이상, 층수로는 6층 이상 정도의 건물을 말함, 토지의 고도이용이라는 의미.
- 2) 풍상면 : 본 연구에서는 H아파트를 풍상면이라고 정의하였음.
- 3) 풍하면 : 본 연구에서는 W아파트를 풍하면이라고 정의하였음.
- 4) 2·3층의 저층건물, 5·6층의 중층건물과 대비하여 사용되는 말이며, 층수가 수십 층에 이르는 것은 초

면과 풍하면의 기온차이를 분석하여 고층건물주변의 미기후상태를 파악하여 고층건물 계획시 단지계획에 관련된 기준 수립에 참고자료로 활용하는 데에 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 대상지

본 연구의 대상지는 서울시 강남구 도곡동에 위치한 주상복합단지이며 단지 내에는 초고층 건물 9개(163m~264m 높이)가 집중 건설되었고(표 1) 단지의 길이는 500m, 너비는 300m이다. 이 고밀도주상복합단지의 서쪽과 동쪽에 위치한 H아파트(풍상면)와 W아파트(풍하면) 단지 내에 관측스테이션을 설치하고 또한 그 주변과의 기온차를 비교하기 위하여 S여고(SMG)와 주상복합단지(TPL)에서 관측하였다. SMG는 고층건물단지의 북쪽 남부순환 도로 변에 위치하였고 TPL은 도로 폭이 좁고 도로 양면 높은 빌딩으로 인해 sky view factor(SVF)가 낮은 도로협곡에 위치하고 있다(표 2, 그림 1).

대상지는 지형학적으로 북으로 매봉산(90m), 남으로 도곡동과 개포동사이에 양재천이 흐르고 남쪽에는 대모산(293m)과 구룡산(283m)이 자리 잡고 있으며 겨울철에는 북서풍, 여름철에는 남서풍이 탁월풍이다. 대상지는 지리적으로 동경 126°58'27", 북위37°17'38"에 위치하고 있어 중위도 온대성 기후대에 속하며 사계절이 뚜렷하고 겨울에는 대륙성 고기압의 영향으로 춥고 건조하며, 여름에는 고온 다습한 북태평양 고기압의 영향으로 무더운 날씨를 보이고 봄과 가을에는 이동성 고기압의 영향으로 맑고 건조한 날씨이다(http : //www.kma.go.kr/).

2. 자료 관측 및 분석

고층건물 풍상면과 풍하면의 기온차이를 파악

고층건물이라 함.

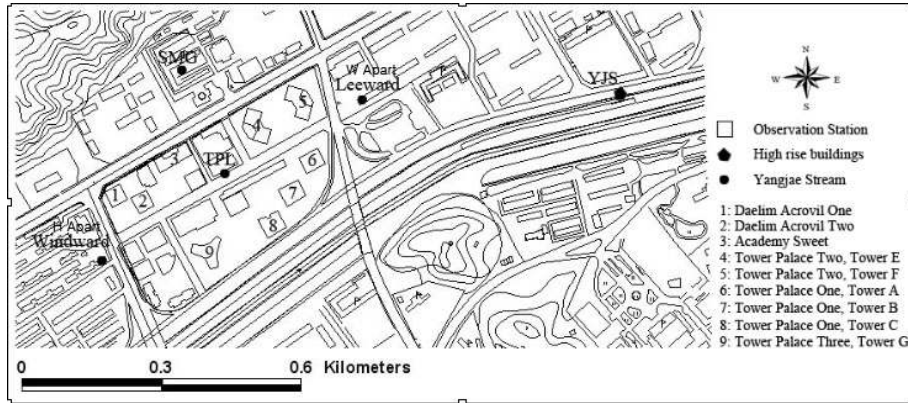


Figure 1. Study site.

Table 1. Height of High-rise buildings in the study site.

No.	Name	Floors	Height(m)
1	Daelim Acrovil One	46	163
2	Daelim Acrovil Two	46	163
3	Academy Sweet	51	167
4	Tower Palace Two, Tower E	55	191
5	Tower Palace Two, Tower F	55	191
6	Tower Palace One, Tower A	59	209
7	Tower Palace One, Tower B	66	234
8	Tower Palace One, Tower C	59	209
9	Tower Palace Three, Tower G	73	264

Table 2. Observation positions.

No.	Initial	Observation position	Elevation(m)
1	HSA	H Apartment	17
2	WSA	W Apartment	20
3	SMG	S High School_Ground	17
4	TPL	High rise residential-complex building	17

하고자 H 아파트와 W 아파트, SMG와 TPL 지점에서 2011년 7월 9일부터 2011년 11월 30일까지 10분 간격으로 총 144일간 기온을 관측하였다. 온도계(Hioki-3641-20 Digital Thermal Data Logger)는 태양 복사에너지가 직접 전달되는 것을 차단하기 위하여 공기순환계로 보호하여 H아파트와 W아파트의 지면 2m 높이에 설치하

여 관측하였다. 또한 겨울철의 탁월풍이 북서풍, 여름철에는 남서풍인 것을 고려하여 본 연구에서는 바람이 불어오는 쪽에 위치한 9층 H아파트, 바람이 불어가는 쪽에 위치한 15층 W아파트 옥상 5.5m 높이 타워에 3차원 초음파 풍향풍속계(R.M Young 81000)를 설치하여 바람을 측정하였다.

자료 분석은 4개 관측지점에서 관측한 전체 자료를 이용하여 관측기간 중 평균기온, 최고기온, 최저기온을 파악하였다. 풍상면과 풍하면의 기온 차이를 파악하고자 H 아파트와 W 아파트의 평균 기온차, 최대 기온차와 최소 기온차를 분석하였고 이 시각 기상특성을 파악하기 위하여 동아시아 일기도와 서울지역의 운량은 기상청 자료를, 강우량은 양재천 AWS(YangJae Left dike automatic weather station, YJL)의 자료를, 풍속은 풍상면과 풍하면의 바람자료를 사용하였다. 그러나 고층건물에 의해 풍속이 감소되거나 증가하고 풍향도 변하므로 온도차를 분석하는데 어려움이 있는 것을 감안하여 풍속은 주요 분석요소에서 배제하였고 기상상태를 파악하는 자료로만 사용하였다. 그리고 4개 관측지점의 열대야 일수도 함께 비교 분석하였고 풍상면과 풍하면의 기온차의 변화를 파악하고자 평균기온과 기온차의 일중변화, 월별 일중기온변화를 분석하였으며 강우량이 기온차에 미치는 영향을 고려하여 강우가 없는 날과 강우가 있는 날을 구분하여 비교 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 풍상면과 풍하면 기온차

관측기간 중 최고기온은 35.2°C로 2011년 7월 18일 15:30에 SMG에서 관측되었고 최저기온은 -3.6°C로 2011년 11월 24일 07:20~07:30에 풍상면에서, 같은 날 07:30~07:40에 풍하면에서 관측되었다. 관측기간 중 최고기온이 불투수 포장율이 높고 알베도가 낮은 TPL이 아닌 SMG에서 관측된 것은 주간 고층건물에 가린 shadow effect에 의해 햇빛이 TPL에 도달하지 못했던 것으로 추정된다. 그리고 풍상면과 풍하면의 최고기온은 두 지점 모두 33.5°C로 관측되었다. 평균기온은 TPL이 19.9°C로 제일 높게 관측되었고 SMG가 19.6°C, 풍상면 19.4°C, 풍하면 19.0°C로 관측되어 풍하면이 가장 낮게 나타났

Table 3. The average, maximum and minimum temperature for the observation period.

(Unit : °C)

	TPL	SMG	Windward	Leeward	W-L
T_AV	19.9	19.6	19.4	19.0	0.4
T_MAX	34.0	35.2	33.5	33.5	3.1
T_MIN	-3.2	-3.3	-3.6	-3.6	-1.9

고, 풍상면보다 0.4°C 낮았다(표 3).

풍상면과 풍하면의 평균 기온 표준편차는 각각 7.2°C, 7.3°C로 기온차의 표준편차는 0.6°C로 나타났다. 기온차의 최대변이는 5.0°C로서 연중 최대기온차이는 3.1°C로 2011년 10월 18일 16:00에 관측되었고 이 시각 풍상면이 16.5°C, 풍하면이 13.4°C이었으며 TPL과 SMG도 각각 14.8°C, 14.4°C이었다. 이때 운량은 0, 강우량은 0mm이고 H아파트 옥상과 W아파트 옥상에서 관측한 풍속은 각각 2.1m/sec, 1.5m/sec이었다(표 4). 이 시각 일기도를 보면 황해에 형성된 고기압이 한반도에 영향을 미치고 있어 맑고 개인 날씨였다. 또한 기압경도력이 작아 풍속이 약한 바람이 불었다(<http://www.kma.go.kr/>). 역방향으로의 기온의 최대차이는 -1.9°C로 2011년 10월 16일 10:50에 관측되었고 이 시각 풍상면이 14.7°C, 풍하면이 16.6°C이었으며 TPL과 SMG는 각각 16.3°C, 16.7°C이었다. 이때 기상상태는 운량은 5, 강우량은 1mm이고 풍상면과 풍하면의 풍속은 각각 9.2m/sec, 10.8m/sec이었다(표 4). 이 시각 종관 기상상태는 중국 동남부와 중부에는 큰 면적의 고기압이 분포되어 있고 길림성과 러시아 동부에는 강한 저기압이 분포되어 있으며 한반도는 저기압의 가장자리에 위치해 있었다. 또한 큰 기압경도력의 영향으로 바람이 강하게 부는 날씨였다(<http://www.kma.go.kr/>).

풍상면과 풍하면의 평균 기온차이는 0.4°C이고 선행연구에서 동일 관측지점의 풍상면과 풍하면 동절기 평균 기온차이는 0.3°C(정해연 등, 2010)이었으며 본 연구에서는 동절기외에도 여

Table 4. Synoptic weather conditions of maximum and minimum air temperature difference between windward side and leeward side (DT_MAX : Difference Maximum Temperature, DT_MIN. : Difference Minimum Temperature, Temp : Temperature, PCP : Precipitation, W.S : Wind Speed, C.C : Cloud Cover, Source : www.kma.go.kr).

	Obs. time	Temp. (°C)	PCP (mm)	W. S(m/sec)		C.C
				Windward	Lee ward	
DT_MAX.	2011-10-18 16 : 00	3.1	0	2.1	1.5	0
DT_MIN.	2011-10-16 10 : 50	-1.9	1	9.3	10.8	5

름과 가을에도 풍하면이 풍상면보다 낮음이 확인되었다. 두 관측지점사이의 거리는 634m이지만 거리에 비하여 비교적 큰 차이라고 판단된다. 이는 관측지점이 고층주상복합건물 동서 방향에 놓인 동일한 토지이용의 9층, 15층 아파트단지임에도 고층건물에 의한 미기후 영향 때문이다. 정해연 등(2010)은 동절기 24시간 풍하면에서 기온 역전현상이 발생하여 이는 오염물질이 확산되지 못하고 지표면에 침적될 수 있으므로 풍하면의 기온역전현상은 단지 계획 시 신중히 고려해야 한다고 하였다. 풍하면의 상대적 기온저하가 기온역전과 함께 발생할 경우 풍하면 거주민에게 미기후 측면에서 좋지 않은 영향을 끼칠 가능성이 높다. 같은 기간 풍상면과 풍하면 옥상에서 관측한 평균풍속은 각각 2.7m/sec, 3.4m/sec로서 풍하면의 평균풍속이 0.7m/sec 높았다. 이는 대상지 내 단지 배치가 500m 4차선 도로의 양옆에 고층건물이 길게 배열돼 chaneling effect에 의해 풍하면의 풍속이 강해지기 때문이며 향후 고층건물 단지 계획 시 이와 같은 단지 배치는 신중히 고려하는 것이 바람직하다고 판단된다.

한국 기상청에서는 열대야를 일 최저기온이 25°C 이상인 날로 규정하고 있으며 본 연구의 4개 관측지점의 열대야 일수는 TPL이 9일로 가장 많이 관측되었고 다음으로 SMG 8일, 풍상면 6일, 풍하면 3일(그림 2)의 순서로 관측되어 풍하면이 풍상면보다 열대야 일수가 적은 것으로 나타났다.

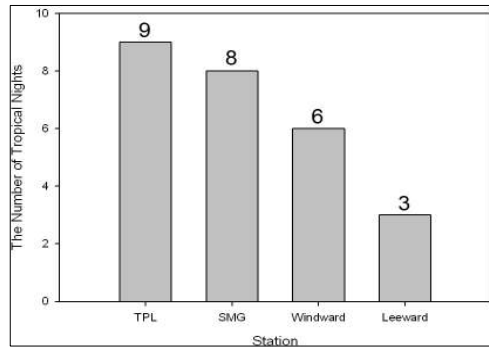


Figure 2. The number of tropical nights among observation stations.

2. 일중 변화

그림 3은 관측 기간 중 10분 단위로 측정된 자료를 바탕으로 풍상면과 풍하면의 평균기온의 일중 변화와 일중 기온차 변화를 보여주고 있다. 그림 3에서 보듯이 풍하면은 풍상면보다 일중 기온이 항상 낮게 관측되 바람이 불어오는 풍상면보다 바람이 빠져나가는 풍상면의 기온이 낮음이 확인되었다. 두 지점의 기온차의 일중변화는 대부분 일출 전(06 : 00)에 크게 나타났고 최대기온차이는 06 : 50분에 나타났는데 이것은 일출이 시작된 후 일정한 시간동안에는 여전히 풍하면의 복사냉각이 풍상면보다 더 심하여 최대 기온차가 나타난 것으로 판단된다. 또 전체 관측지점 모두 일출 전과 일출이 시작된 직후에 최소기온이 관측되었고 정오를 지나서 일사량이 줄어들긴 하지만 남중 후 지표면의 장파복사 방출이 계속되면서 정오가 아닌 오후 2~4시 사이에 최고기온

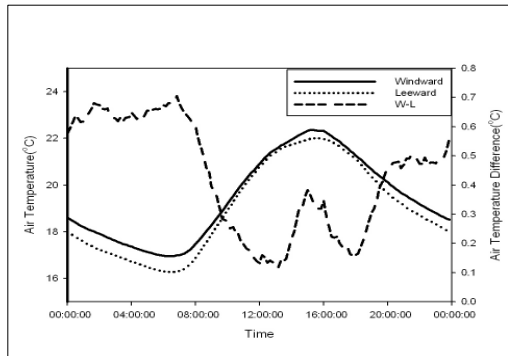


Figure 3. Diurnal variation of air temperature for Windward and Leeward side.

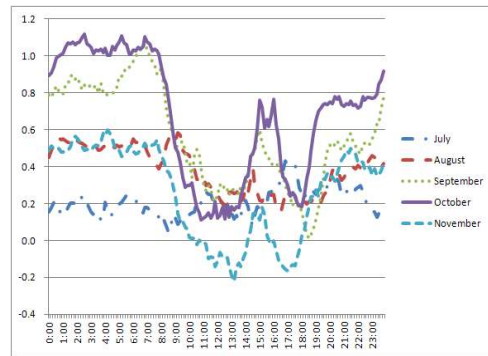


Figure 4. Diurnal variation of air temperature difference between windward side and leeward side from July to November (Unit : °C).

이 관측되며(Ahrens, 2008) 일몰 후에는 또 다시 기온이 감소한다. 낮 기온은 SMG가 제일 높고 일출전과 일몰 후에는 TPL의 기온이 높게 관측되었다. 이것은 4개 관측지점 중 유일한 오픈스페이스인 SMG에 낮 동안 단과복사가 가장 많이 도달되기 때문에 주간 기온이 가장 높게 관측되었으며 인공폐열이 많고 SVF가 낮은 TPL은 야간 장과복사의 발산이 억제되어 야간 기온이 높은 것으로 추정된다.

3. 월별 변화

표 5는 관측 기간 중 10분 단위로 측정된 전체 자료를 바탕으로 관측지점의 월별 평균기온과 풍상면과 풍하면의 기온차의 평균을 보여주고 있다. 월별 평균기온은 전반적으로 TPL이 가장 높았고 다음으로 SMG, 풍하면은 항상 다른 관측지점보다 낮게 관측되었으며 기온차의 평균은 7월

은 0.2°C부터 10월까지 점차 커지는 경향을 보인다 11월에는 0.2°C로서 도로 낮아지는 추세를 보였다. 그림 4에서 기온차의 월별일중 변화는 7월의 변화곡선이 완만하여 변화가 크지 않았지만 8월부터 시작하여 9월, 10월, 11월의 기온차는 야간에 크고 주간엔 작으며 변화정도가 큰 것으로 분석되었다. 이는 여름철에는 태양고도 각이 높아 두 지점 모두 충분한 태양에너지가 받아 온도가 비슷하게 상승하지만 가을철에는 고층건물 풍하면에서 강한 바람이 불어 풍하면의 기온이 낮아지고 또 풍상면과 풍하면의 최저기온의 차이가 점차 커지므로 기온차가 커진 것으로 판단된다. 이는 정해연 등(2009)의 가을철에 기온차이가 가장 심하다는 선행연구와 동일한 결과를 보이고 있다.

Table 5. The average temperature and air temperature difference between windward side and leeward side at each observation station from July to November (Unit : °C).

Month	TPL	SMG	Windward	Leeward	W-L
July	26.2	25.9	25.5	25.3	0.2
August	26.5	26.5	25.9	25.6	0.3
September	22.1	22.1	21.9	21.3	0.6
October	14.5	13.9	14.1	13.4	0.7
November	11.6	11.2	11.1	10.9	0.2

3. 강우에 의한 기온차

본 연구에서는 기상상태의 변화에 따른 풍상면과 풍하면의 온도차를 분석하였다. 표 6은 강우가 있을 때와 없을 때의 풍상면, 풍하면의 평균 기온과 그 차이를 보여주는 표이다. 표에서 볼 수 있듯이 강우가 있을 때 풍하면은 22.1℃, 풍상면은 22.3℃로 풍하면이 풍상면보다 0.2℃ 낮았고 강우가 없을 때 풍하면은 19.2℃, 풍상면은 19.8℃로 풍하면이 0.6℃ 낮았다.

Table 6. Mean of the air temperature on precipitation day and no precipitation day & air temperature difference between windward and leeward. (Unit : °C).

	total	precipitation	no precipitation
Windward	19.4	22.3	19.8
Leeward	19.0	22.1	19.2
TD _{W-L}	0.4	0.2	0.6

1) 강우가 없을 때

그림 5는 풍상면과 풍하면의 관측기간 중 강우가 없는 날만 추출하여 분석한 결과를 보여주고 있다. 두 관측지점의 일중변화는 그림 3과 비슷하게 최고기온은 모두 정오가 아닌 2~4시 사이, 최저기온은 일출 전에 관측되었으며 일몰 후에는 또 다시 감소하는 패턴을 보이고 있다. 또한 일중 평균기온은 14℃~23℃사이에서 변하고 있으며 풍상면과 풍하면의 기온차이도 그림 3에서와 같이 일출 전에 최대 기온차이가 나타났고 정오에 최소기온차이가 나타났다.

2) 강우가 있을 때

강우가 있는 날 일 중 변화가 뚜렷한 것에 비해 그림 6은 풍상면과 풍하면의 관측기간 중 강우가 있는 날을 추출하여 분석한 것을 보여주고 있다. 그림에서 두 관측지점의 일중변화 범위는 20℃~23℃사이고 풍하면은 여전히 풍상면보다

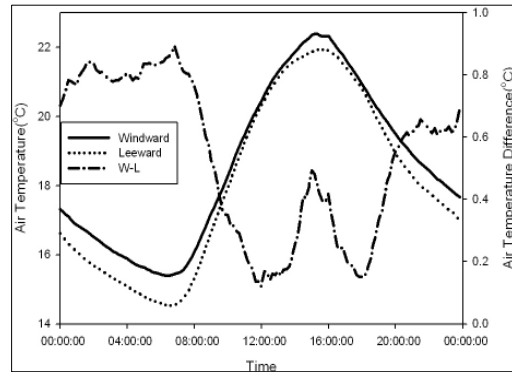


Figure 5. Diurnal variation of air temperature for no precipitation during observation period.

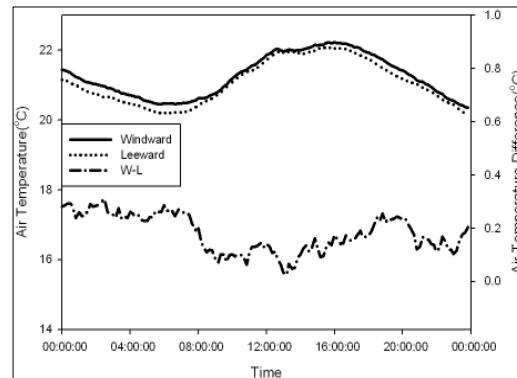


Figure 6. Diurnal variation of air temperature for rainy days during observation period.

기온이 낮은 것으로 관측되었다. 그러나 풍상면과 풍하면의 기온차의 변화는 비록 일출 전에 최대기온차이, 정오에 최소기온차이를 보이는 하지만 그림 6에서 보듯이 그림 5와는 다르게 일중 변화정도가 크지 않다.

이상에서 본 바와 같이 표 5, 그림 5와 그림 6을 종합해보면 강우가 있을 때 기온차가 크지 않았으며 이는 고층빌딩단지 내 풍상면과 풍하면의 기온차이는 종관기상상태에 의한 영향보다는 단지 내 국지기후에 의한 영향을 더 받기 때문으로 파악된다.

4. 풍상면과 풍하면 기온차 통계 검정

풍상면과 풍하면의 기온차, 여름과 가을 계절

Table 7. ANOVA-test results for air temperature of season and position.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Season	1006262.120	1	1006262.120	35587.894	0.000
Position	1601.788	1	1601.788	56.649	0.000
Error	1180667.821	41756	28.275		
Total	1.761E7	41760			

별 기온차를 각각 파악하고자 아래와 같이 이원 분산분석법을 이용한 통계 검정을 실시하였다. 표 7에서 볼 수 있듯이 계절별 기온차는 F-값이 35587.894로서 유의수준 0.000이 임계값으로서 유의수준 0.05에서 여름과 가을은 기온차가 없다는 귀무가설은 기각되어 계절별 기온차는 뚜렷하였다. 풍상면과 풍하면의 기온차이 역시 F-값이 1601.788로서 유의수준 0.000이 임계값으로서 유의수준 0.05에서 풍상면과 풍하면은 기온차가 없다는 귀무가설은 기각되어 풍하면과 풍상면의 기온차는 뚜렷하였다(표 7).

IV. 결 론

본 연구에서는 고층건물 풍상면과 풍하면의 기온차이를 파악하고자 H 아파트와 W 아파트 지상, SMG, TPL에서 2011년 7월 8일부터 2011년 11월 30일까지 10분 간격으로 기온을 관측하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 관측기간 중 평균기온은 풍하면 19.0℃, 풍상면이 19.4℃로 관측되어 풍하면이 풍상면보다 0.4℃ 낮았고 열대야 일수도 풍상면이 6일, 풍하면이 3일로서 풍하면은 풍상면보다 기온이 낮음이 확인되었다.

2. 풍하면이 풍상면보다 기온이 낮음은 강우시 0.2℃, 비강우시 0.6℃로서 풍하면의 상대적 저온현상은 중관기상상태보다는 고층건물에 의해 형성된 국지기후에 의한 영향이 크게 작용하는 것으로 파악되었다.

이상에서 본 바와 같이 풍하면이 풍상면보다

기온이 낮음이 확인되었으며 이는 단일 블록 내 고층건물이 단지 내 중앙도로를 기준으로 양옆에 밀집해 건립된 단지 배치에 기인하므로 이와 같은 단지 계획은 거주민에게 불편을 줄 수 있으므로 지양해야 한다고 판단된다. 아울러 도시미기후의 영향을 최소화하는 고층건물의 배치 및 적정규모에 관한 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

사 사

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

인 용 문 헌

- 김재철·이규석. 2007. 초고층건물 탁월풍 방향의 바람 특성에 관한 연구. 환경영향평가 16(6) : 503-510.
- 김영덕. 1998. 빌딩바람에 의한 환경장해와 그 대책, 한국풍공학회지 2(1) : 23-27.
- 신지웅·이용준·김태연·이경희. 2005. 보행자 영역의 빌딩풍해 저감 방안에 관한 연구. 대한건축학회지 25(1) : 147-150.
- 정해연·김문성·이규석. 2009. 역사경관의 기온저감 효과에 관한 연구. 한국전통조경학회지 27(3) : 87-92.
- 정해연·김문성·오성남·이규석. 2010. 동절기 고층건물 풍하면의 기온역전에 관한 연구.

- 환경영향평가 19(6) : 1-10.
- Ahrens, D. C. 2008. Essentials of Meteorology. An Invitation to the Atmosphere 5th ed. Belmont. Thomson Learning Inc. p.56.
- Givoni, B. 1998. Climate Considerations in Building and Urban Design. John Wiley and Sons. New York.
- Jin, Wen-cheng and Lee, Kyoo-seock. 2012. Air temperature differences at high-rise building area. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture : in press.
- Jin, Wen-cheng and Lee, Kyoo-seock. 2009. Air temperature increasing effects by tall buildings near residential area. Proceedings of the Korean Meteorological Society Fall conference, 2009 : xxii
- Landsberg, H. E. 1981. Urban climate. Academic Press. p.83.
- Lee, S. H, Lee, K. S, Jin, W. C., and Song, H. K. 2009. Effect of an urban park on air temperature differences in a central business district area. Landscape and Ecological Engineering 5(2) : 183-191.
- Lowry, W. 1991. Atmospheric Ecology for Designers and Planners. Thomas Nelson Australia, South Melbourne, Australia.
- Oke, T. R. 1974. Technical Note No. 134-Review of Urban Climatology 1968-1973. World Meteorological Association. Geneva.
- Oke, T. R. 1987. Boundary Layer Climates, 2nd ed. Routledge. p.264 & pp.310-313.
- [http : //www.kma.go.kr/](http://www.kma.go.kr/) 한국기상청.
- [http : //www.kasi.re.kr/](http://www.kasi.re.kr/) 한국천문연구원.