[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 34, No. 6, 2014
ISSN 1598-6411
http://dx.doi.org/10.7836/kses.2014.34.6.111

하절기 도시 유형별 기상요소 비교
-대구광역시와 인근 4개 지역을 중심으로-

Comparison of Meteorological Elements by Type of City during Summer Season
- Focus on the Daegu Metropolitan City and the Surrounding Four Regions -

최동호*† · 이부용** · 정형세***
Choi Dong-Ho*† , Lee Bu-Yong** and Jeong Hyeong-Se***

(Submit date : 2014. 11. 1., Judgment date : 2014. 11. 5., Publication decide date : 2014. 12. 26.)

Abstract : The purpose of this study is to understand relation of meteorological elements of air temperature, relative humidity and vapor pressure of four cities with Daegu. The followings are main results from this study. 1) There is very high correlation of meteorological elements according to distance between city and city. 2) In case of seaside town at Pohang, there were little changes than other cities for temperature, humidity and vapor pressure. 3) It was analysed stable and similar diurnal variation in water vapor pressure than air temperature and relative humidity at all observation site.

Key Words : 단파복사(Short-wave radiation), 장파복사(Long-wave radiation), 도시복사환경(Urban radiation environment), 상관도분석(Correlation analysis), 수증기압(Water vapor pressure)

기 호 설 명

Es : Saturation vapor pressure (hPa)
T : Air temperature (°C)

1. 서 론

도시기후는 지표상태와 인간활동 등의 결과로 나타난 대기의 종합적인 상태를 반영하는 것으로 각 관측지역의 환경에 따라 고유한 특

*† 최동호(교신저자) : 대구가톨릭대학교 건축학부
E-mail : dhchoi2@cu.ac.kr, Tel : 053-850-2733
**이부용 : 대구가톨릭학교 환경과학과
***정형세 : 대구가톨릭대학교 대학원 건축학과

*† Choi Dong-Ho(corresponding author) : Department of Architecture, Catholic University of Daegu.
E-mail : dhchoi2@cu.ac.kr, Tel : 053-850-2733
**Lee Bu-Yong : Department of Environmental Science, Catholic University of Daegu.
***Jeong Hyeong-Se : Department of Architecture, Graduate School, Catholic University of Daegu.

징이 있으며, 관측을 통해 이에 대한 정량화와 객관화의 필요성이 요구되고 있다. 따라서 도시기후에 영향을 주는 여러 인자들에 대한 기초적인 관측연구를 수행하여 이에 관한 데이터베이스를 구축해야 하며 이를 바탕으로 도시열섬현상 완화를 위한 다각적인 노력과 대책이 필요하다. 이와 관련하여 우리나라에서 도시대기 환경과 관련한 연구들을 살펴보면, 초기에는 도시 내부의 기온과 습도분포에 대한 관측연구를 시작으로 도시 내에서 그 주변 환경특성에 따른 열적 차이점을 기온관측을 통해 파악한 연구1~3), 그 다음으로는 도시 내에서 녹지의 수평적인 공간분포에 따른 열적효과를 알아보기 위해 기온과 상대습도뿐만 아니라 복사항목인 흑구온도, 단파복사, 장파복사를 새롭게 추가한 비교 연구들이[4~5] 수행되었다. 이를 통해 도시기후 해석에서 복사 관측요소에 대한 중요성이 인식되었으며, 도시기후의 특성을 보다 명확히 하기 위한 기초연구[6]로 교외지역에 대한 비교 관측이 수행되었다.

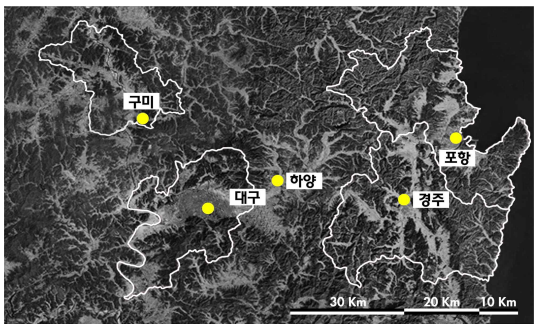


Fig. 1 Location of observation sites

이상 열거한 기존의 연구들은 특정단위도시에 국한한 연구로 지협적이거나 매우 인접한 장소를 관측대상으로 한 연구들이다. 이러한 연구의 한계점인 각 도시의 특성과 거리에 따른 차이에 대한 정도를 객관적으로 도출하기 위해서는 비교적 거리가 떨어져 있고 도시의 유형이 상이한 지역들을 대상으로 한 비교연구가 필요하다. 이러한 도시간의 비교연구를 통해 도시화 정도와 도시별 대기특성을 파악하고자 한다.

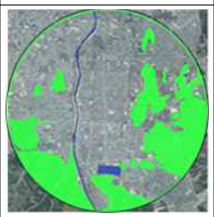
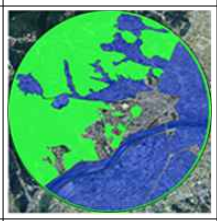
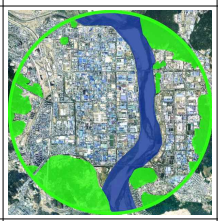
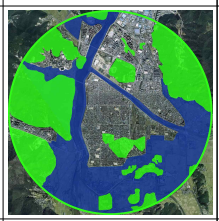
본 연구는 지금까지 집중관측이 이루어진 대구광역시와 도시의 환경조건과 특성이 상이한 그 주변의 4개 도시를 연구대상지역으로 기온, 상대습도, 수증기압을 기본 기상요소로 한정하여 관측지간의 상관성에 대해 면밀히 분석하였다. 그리고 후속연구에서는 도시별 특성을 복사환경 관점에서 비교한 기초자료를 바탕으로 분석을 하였다.

2. 관측 개요

2.1 관측장소와 관측환경

관측대상지역은 기존의 관측지인 대구광역시와 그 교외지역(경산시 하양읍)을 중심으로 주변에 입지한 구미(전자산업도시), 경주(역사문화 관광도시), 포항(철강산업도시)의 총 5개 도시를 관측대상지로 선정하였다(Fig 1). 특히, 대구지역을 포함한 4개의 지역들은 저층의 건축물들로 관측에 방해가 되지 않는 도심과밀지역을 중심으로 인공적 환경이 우세한 곳을 선정한 반면, 하양은 논과 밭, 산지, 하천 등의 녹지와 수변공간으로 구성된 전원적 환경특성을 띠는 관측지를 선정하였다. 이들 4개의 도시는 대구에서 각각 하양 18km, 구미 30km, 포항 68km, 경주 55km 떨어져 있으며, 구미의 경우 전자공업위주로 조성된 공업지역으로 산악지형이 도시를 둘러싸고 있으며 낙동강을 끼고 있다. 경주의 경우 대부분 녹지시설과 저층의 건축물이 배열된 문화 관광도시로써 농·축산업이 비교적 발달된 도시이며 관측 도시 중에서는 개발이 상대적으로 활성화

Table 1. Distribution of the green space around observation sites

항목	대구	하양	구미	경주	포항
성격	광역도시(도심)	교외지역(전원)	전자산업도시	역사문화 관광도시	철강산업도시
위치	대구 수성구 황금동	경북 경산시 하양읍	경북 구미시 공단동	경북 경주시 북부동	경북 포항시 대도동
항공사진에서의 녹지면적					
0.5km 이내	녹지: 0 % 수변: 0 % 인공: 100 %	녹지: 40.0 % 수변: 0 % 인공: 60.0 %	녹지: 0 % 수변: 0 % 인공: 100 %	녹지: 0 % 수변: 0 % 인공: 100 %	녹지: 0 % 수변: 0 % 인공: 100 %
1 km 이내	녹지: 8.7 % 수변: 0.8 % 인공: 90.5 %	녹지: 34.6 % 수변: 17.1 % 인공: 48.3 %	녹지: 0 % 수변: 1.1 % 인공: 98.9 %	녹지: 5.9 % 수변: 12.9 % 인공: 81.2 %	녹지: 0 % 수변: 0 % 인공: 100 %
2 km 이내	녹지: 16.0 % 수변: 16.2 % 인공: 67.8 %	녹지: 50.0 % 수변: 23.8 % 인공: 26.2 %	녹지: 2.3 % 수변: 19.3 % 인공: 78.4 %	녹지: 20.8 % 수변: 26.4 % 인공: 52.8 %	녹지: 14.5 % 수변: 11.8 % 인공: 73.7 %
3km 이내	녹지: 29.3 % 수변: 2.2 % 인공: 68.5 %	녹지: 44.1 % 수변: 45.6 % 인공: 10.3 %	녹지: 20.8 % 수변: 15.3 % 인공: 63.9 %	녹지: 32.9 % 수변: 45.0 % 인공: 22.1 %	녹지: 21.2 % 수변: 13.6 % 인공: 65.2 %

녹지 수변 인공피복면

녹지: 야산 및 공원 등 수목으로 구성된 녹지면, 수변: 하천 및 저수지, 논, 밭으로 조성된 영역, 인공: 녹지•수변 이외의 영역

※ 관측지에서 반경 3km로 설정하여 분석한 영상자료임.

되지 않아 자연환경이 잘 보존된 지역이다. 한편 포항은 바다에 면한 철강공업도시로써 공업시설이 밀집해있다. 관측지역들 간의 환경특성 분석을 위해 Table 1과 같이 관측지를 중심으로 반경 0.5~3.0km까지의 녹지, 수변, 인공피복면으로 분류하여 그 각각의 면적분포를 나타내었다. 0.5km 이내에는 교외지역만이 녹지지역 40%, 인공 60%로 나타났고 나머지 지역은 인공피복면 100%로써 그 지역적 차이가 확실히 나타났으며, 범위가 넓어짐에 따라 인공피복면이 차지하는 비율이 교외지역인 하양에 비해 네 개 지역 모두 상대적으로 줄어드는 경향이 있다. 또한 다섯 지역의 전체 영역에 관한 인공피복면적이 차지하는 비율을 나타내면 하양 10.3~60%, 경주 22.1~100%, 구미 63.9~100%, 포항 65.2~100%, 대구 68.5~100%의 순으로 배열된다. 이들 두 지역에서 전체 영역에 대한 인공피복면이 차지하는 비율은 그 반경에 따라 도심과밀지역 68.4~100%, 교외지역 10.3~60%로 나타나 도심과밀지역의 인공화가 현저히 높은 것을 확인할 수 있다.

2.2 관측항목 및 장비의 구성

활용된 관측장비의 제원과 설치전경을 Table 2와 Fig 2에 각각 나타내었다.

관측요소의 항목은 기온, 상대습도, 장·단파복사, 산란복사, 자외복사(UV)로 하였으며

복사관측은 상공에서 지면으로 향하는 하향성분 중심으로 관측하였다. 그러나 본 논문에서는 기온, 상대습도와 이들 요소에서 도출한 수증기압을 바탕으로 도시별 특성을 분석하였으며, 장·단파복사, 산란복사, 자외복사(UV) 등의 복사관련 결과들은 후속 연구에서 발표할 계획이다.

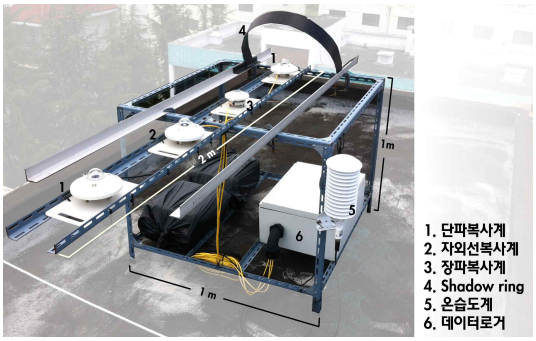


Fig. 2 Installation view of observation instruments

Table 2. Composition of observation instruments

항목	모델명 / 제조사
	파장 범위
기온·상대습도	HMP45C - L34 / VAISALA
단파복사	CMP6 / Kipp & Zonen Campbell Scientific
	파장범위: 285 ~ 2,800 nm
산란복사	CMP6 / Kipp & Zonen Shadow Ring / 자체제작
	파장범위: 285 ~ 2,800 nm
장파복사	CGR3 / Kipp & Zonen
	파장범위: 4,500 ~ 42,000 nm
자외선 복사	CUV5 / Kipp & Zonen
	파장범위: 280 ~ 400 nm
기록장치	Data Logger : CR1000 Campbell Scientific

2.3 관측자료 분석방법

관측은 1년 중 태양의 고도가 가장 높은 하지를 전후한 2013년 5월 1일부터 동년 8월 31일까지 123일 중 결측일 7일을 제외한 116일 동안 수행되었다. 또한 기온과 상대습도의 기상요소를 Tetens's Formula 수식(1)에 대입하여 대기 중의 수증기량을 계산하였으며, 기존의 상대습도와 수증기압을 상호 비교분석하였다.

$$Es(T) = 6.11 \times 10^{7.5T}/(T+237.3) \qquad (1)$$

본 논문의 시각 기준은 시계열의 경우만 24시간 자료를 사용하여 나타내었으며, 그 외의 분석에서는 단파복사의 효과가 있는 정오(12:24)를 기준으로 6시간씩인 06:25시부터 18:24시 사이의 자료를 분석하였다. 관측된 데이터의 지역간 비교에서는 동시관측 분석기법(Analysis method of same-time data)과 기존의 연구[5]에서 유효성을 확인한 순위별 분석기법(Analysis method of rank data)의 결과비교를 통한 자료의 분석이 이루어졌다.

3. 결과 및 고찰

관측데이터를 바탕으로 시계열 분석과 월별 자료를 해석하였으며, 관측지간의 환경특성을 비교하기 위해 동시관측 분석기법과 순위별 분석기법을 통해 분석한 상관도 해석결과에 대해서도 나타내었다.

3.1 기온

3.1.1. 월별 기온과 시계열 분석

각 지역의 월별 기온의 최고, 최저, 일교차, 평균값을 Table 3에 나타내었다. 월별 최고기온은 5월에서 8월로 갈수록 최고 기온이 점차 높아지는 경향을 보였으며, 최고 기온과 최저기온의 차인 일교차는 최고 기온이 가장 낮은 5월에서 하양(14.18℃)이 가장 크게 나타났으며,

6월의 포항(6.40℃)이 가장 작게 나타났다. 관측기간 동안 지역별 평균 일교차에서는 상대적으로 열용량이 작은 하양에서 11.27℃로 가장 크게 나타났으며 열용량이 큰 바다의 영향권에 있는 포항에서는 8.12℃로 가장 작게 나타났다. 이러한 결과는 그 지역 주변 환경이 갖는 열용량과 같은 열적 특성과 관련이 있을 것으로 사료된다.

한편, 지역별 기온의 시계열 분포(Fig.3)를 살펴보면 대구와 구미의 기온은 최고, 최저 기온 모두 다른 지역들에 비해 높은 일변화의 패턴을 띠고 있다. 반면, 하양과 경주의 최저 기온은 가장 낮게 나타났지만 최고 기온의 경우 하양만이 대구와 구미에 비슷한 정도로 높게 관측되었으며 상대적으로 큰 일교차를 나타내었다. 관측대상 모든 도시들에서 기온의 일변화 폭은 하양(9.5℃), 대구(8.3℃), 경주(8.3℃), 구미(7.8℃), 포항(6.5℃)의 순으로 나타나 전 지역이 9.5℃이하의 값을 나타내었다. 특히 포항은 열용량이 큰 바다에 인접하여 그 영향으로 다른 관측지점에 비하여 기온의 일 변화폭이 상대적으로 적은 6.5℃로 나타나 내륙의 비교대상 도시들과는 다른 변화패턴을 나타내었다. 또한 지역별 최고기온과 최고 기온 도달시각을 비교해보면 대구, 하양, 경주, 구미, 포항은 각각 29.4℃(16:00시), 29.4℃(15:00시), 28.5℃(15:00시), 29.1℃(16:00시), 28.0℃(15:00시)로 관측되어 비교적 도시화가 진행된 대구, 구미가 16:00시로 나머지 지역들(15:00시)에 비해 최고값 도달 시각이 늦게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

3.1.2 기온 상관도 분석

분석방법에 따른 기온의 지역간 관계를 알아보기 위해 본 연구에서는 동시관측 분석기법과 순위별 분석기법으로 5개 관측지점에 대해 상관성을 분석하였다(Fig. 4와 Fig. 5).

Table 3. The average of monthly air temperature

[단위:℃]

구분		대구	하양	경주	구미	포항
5월	최고	26.23	26.77	25.10	25.85	24.94
	최저	14.30	12.59	12.83	14.44	14.42
	일교차	11.93	14.18	12.27	11.41	10.52
	평균	19.91	19.04	18.52	20.07	18.98
6월	최고	28.86	29.29	26.77	29.16	25.88
	최저	19.79	18.50	18.80	20.26	19.48
	일교차	9.07	10.79	7.97	8.90	6.40
	평균	23.78	22.99	22.16	24.37	22.16
7월	최고	32.64	32.45	32.20	31.64	32.26
	최저	24.63	23.51	23.95	24.34	24.96
	일교차	8.01	8.94	8.25	7.30	7.30
	평균	28.42	27.49	27.90	27.57	28.32
8월	최고	34.01	34.51	33.31	33.27	33.39
	최저	24.34	23.33	23.75	24.56	25.14
	일교차	9.67	11.18	9.56	8.71	8.25
	평균	28.77	28.14	28.33	28.50	29.06
평균	최고	30.43	30.75	29.34	29.98	29.12
	최저	20.77	19.48	19.83	20.90	21.00
	일교차	9.66	11.27	9.51	9.08	8.12
	평균	25.22	24.42	24.23	25.13	24.63

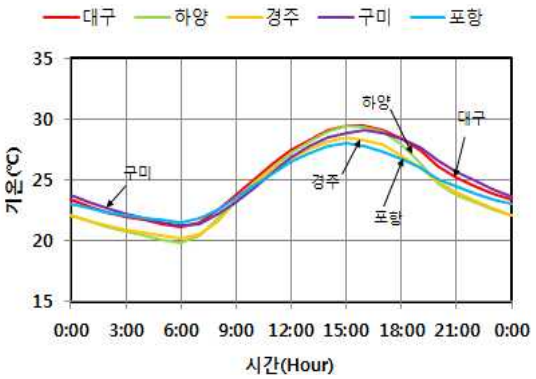
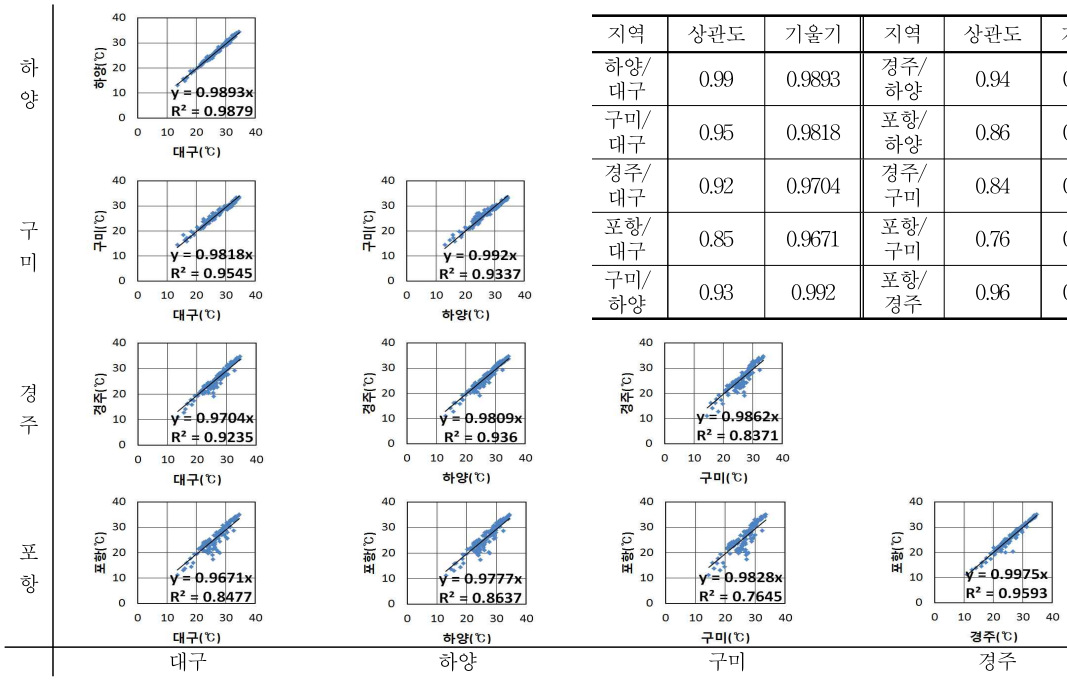


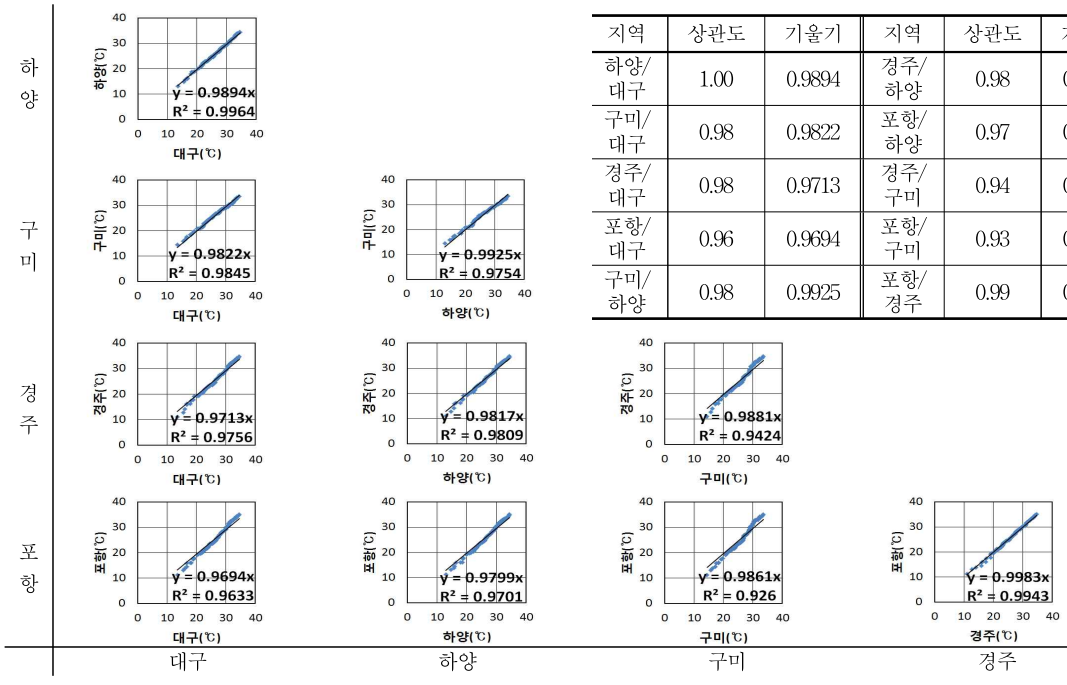
Fig. 3 Time series of air temperature

동시관측 분석기법에서는 두 지역간의 상관도에서 거리가 가장 가까운 하양/대구는 0.99로 지역간 상관도에서 가장 높게 나타났으며, 두 지역간 거리가 가장 먼 포항/구미는 0.76으로 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 거리에 따라 기온의 상관도는 반비례하는 경향성을 확인할 수 있었다. 대구지역을 중심으로 한 상



지역	상관도	기울기	지역	상관도	기울기
하양/대구	0.99	0.9893	경주/하양	0.94	0.9809
구미/대구	0.95	0.9818	포항/하양	0.86	0.9777
경주/대구	0.92	0.9704	경주/구미	0.84	0.9862
포항/대구	0.85	0.9671	포항/구미	0.76	0.9828
구미/하양	0.93	0.992	포항/경주	0.96	0.9975

Fig. 4 Correlation of air temperature(Analysis method of same-time data)



지역	상관도	기울기	지역	상관도	기울기
하양/대구	1.00	0.9894	경주/하양	0.98	0.9817
구미/대구	0.98	0.9822	포항/하양	0.97	0.9799
경주/대구	0.98	0.9713	경주/구미	0.94	0.9881
포항/대구	0.96	0.9694	포항/구미	0.93	0.9861
구미/하양	0.98	0.9925	포항/경주	0.99	0.9983

Fig. 5 Correlation of air temperature(Analysis method of rank data)

관성 분석에서도 대구에서 거리가 가장 먼 포항이 구미(0.95)와 경주(0.92)에 비해 낮은 0.85로 나타나 거리에 따라 반비례하는 것을 재차 확인할 수 있었다(Fig. 4). 인공물의 영향이 가장 큰 대구와 바다의 영향을 받는 포항과의 상관도 분석에서 그 기울기 값은 0.9671로 가장 작게 나타나 결국 인공구조물에 대한 영향보다 바다에 대한 영향이 더 크게 작용하는 것으로 해석된다. 또한 동시관측 분석기법과 순위별 분석기법의 차이점을 살펴보면 상관도에서 앞서 분석한 동시관측 분석기법(0.76~0.99)보다 순위별 분석기법(0.93~1.00)적용시가 현저히 높게 나타나 지역간 비교에서는 순위별 분석기법의 우월성을 확인할 수 있었다. 하지만 상관식의 기울기 값의 범위는 0.9694~0.9983으로 두 분석기법 간의 차이는 거의 없었다.

3.2 상대습도

3.2.1. 월별 상대습도와 시계열 분석

각 지역의 월별 상대습도의 최고, 최저, 일교차, 평균값을 Table 4에 나타내었다. 월별 최고 상대습도는 6월이 가장 높게 나타났으며, 월별 비교에서는 뚜렷한 경향이 확인되지 않았다. 상대습도의 최고, 최저값의 차인 일교차는 5월 하양(52.2%)에서 가장 크게 나타났으며, 6월 포항(30.1%)이 가장 작게 나타났다. 관측기간 동안의 지역별 평균 상대습도의 최고값은 7월 구미(90.1%)에서 나타났다. 그리고평균 상대습도는 구미에서 72.8%로 가장 높게 나타났으며 하양(66.9%), 포항(66.4%), 경주(66.3%)는 거의 같은 상대습도를 나타내었고 대구(61.8%)는 가장 낮게 관측되었다. 이러한 결과에서 살펴보면 대구와 구미는 비교적 유사한 환경을 갖고 있음에도 불구하고 상대습도에서는 두 지역에서 명확하게 구미가 대구보다 평균 11% 더 높게 분석되었다.

Table 4. The average of monthly relative humidity

[단위:%]

구분		대구	하양	경주	구미	포항
5월	최고	75.54	84.00	82.10	82.24	77.50
	최저	29.98	31.78	34.60	36.09	36.64
	일교차	45.56	52.22	47.50	46.15	40.86
	평균	52.88	58.05	59.28	58.19	57.95
6월	최고	82.44	88.92	87.06	87.10	84.67
	최저	43.79	43.99	51.85	47.81	54.58
	일교차	38.65	44.93	35.21	39.29	30.09
	평균	65.37	69.85	71.90	68.70	72.24
7월	최고	80.86	87.67	83.04	90.08	79.11
	최저	46.47	49.69	49.21	58.38	48.63
	일교차	34.39	37.98	33.83	31.70	30.48
	평균	64.03	70.03	66.70	75.94	65.08
8월	최고	82.57	89.71	84.67	89.57	78.89
	최저	42.09	43.56	45.85	53.03	47.33
	일교차	40.48	46.15	38.82	36.54	31.56
	평균	64.76	69.66	67.10	73.29	64.14
평균	최고	80.35	87.58	84.22	87.25	80.03
	최저	40.59	42.26	45.38	48.83	46.79
	일교차	39.76	45.32	38.84	38.42	33.24
	평균	61.76	66.90	66.25	72.80	66.40

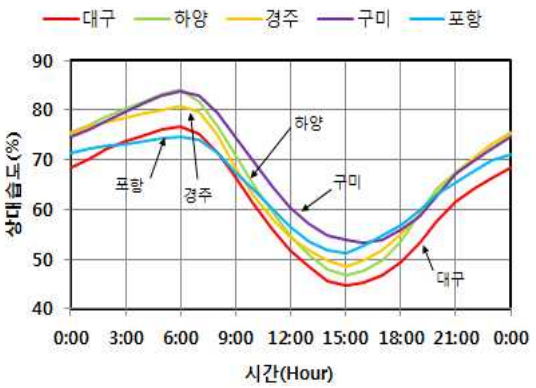
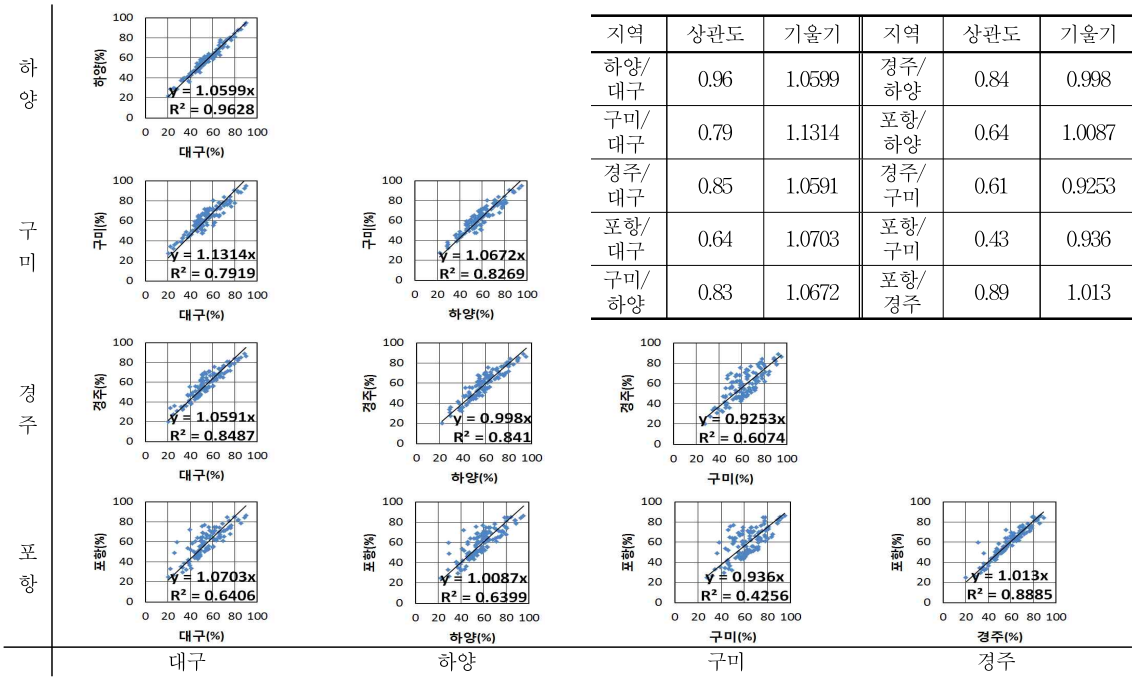


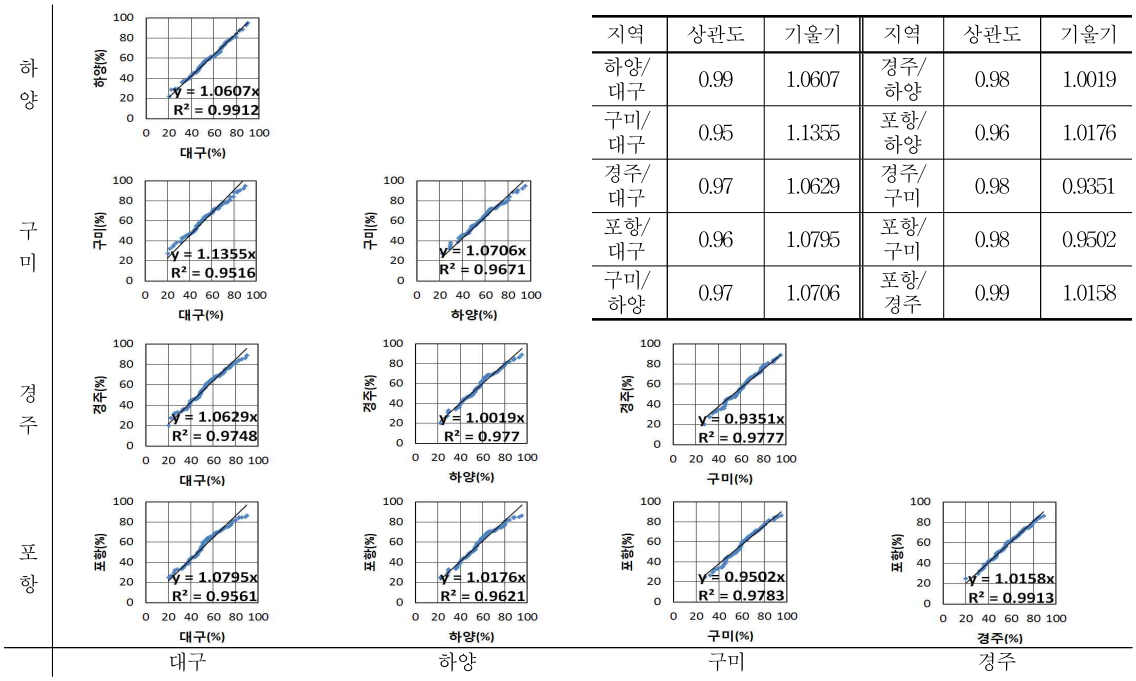
Fig. 6 Time series of daily relative humidity

한편, 지역별 상대습도의 시계열 분포(Fig. 6)를 살펴보면 구미는 다른 관측지에 비해 상대습



지역	상관도	기울기	지역	상관도	기울기
하양/대구	0.96	1.0599	경주/하양	0.84	0.998
구미/대구	0.79	1.1314	포항/하양	0.64	1.0087
경주/대구	0.85	1.0591	경주/구미	0.61	0.9253
포항/대구	0.64	1.0703	포항/구미	0.43	0.936
구미/하양	0.83	1.0672	포항/경주	0.89	1.013

Fig. 7 Correlation of daily relative humidity(Analysis method of same-time data)



지역	상관도	기울기	지역	상관도	기울기
하양/대구	0.99	1.0607	경주/하양	0.98	1.0019
구미/대구	0.95	1.1355	포항/하양	0.96	1.0176
경주/대구	0.97	1.0629	경주/구미	0.98	0.9351
포항/대구	0.96	1.0795	포항/구미	0.98	0.9502
구미/하양	0.97	1.0706	포항/경주	0.99	1.0158

Fig. 8 Correlation of daily relative humidity(Analysis method of rank data)

도가 전 시간대에서 높게 나타났으며, 대구는 구미보다 일정간격 낮게 나타났으나 전체적인 분포의 형태는 구미와 유사한 패턴을 나타내고 있다. 반면 바다의 영향권에 있는 포항은 일변화가 구미, 대구와 같은 도시화가 진행된 이들 지역들과는 다른 패턴을 나타내었고 상대습도의 일 변동 폭이 작게 나타났다. 관측대상 모든 도시들에서 상대습도의 일변화 폭은 하양(37.3%), 경주(32.1%), 대구(31.8%), 구미(30.7%), 포항(23.4%)의 순으로 나타났다.

3.2.2 상대습도 상관도 분석

상대습도의 상관도 분석방법에서도 앞서 검토한 기온분석에서와 같이 동시관측 분석기법과 순위별 분석기법을 적용하여 분석하였다(Fig. 7, 8). 동시관측 분석기법에서는 두 지역간의 상관도에서 거리가 가장 가까운 하양/대구는 0.96으로 지역간 상관도에서 가장 높게 나타났으며, 두 지역간 거리가 가장 먼 포항/구미는 0.43으로 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 거리에 따라 상대습도의 상관도는 반비례하는 경향성을 확인할 수 있었다. 대구지역을 중심으로 한 상관성분석에서도 대구에서 거리가 가장 먼 포항이 구미(0.79)와 경주(0.85)에 비해 낮은 0.64로 나타나 거리에 따라 반비례하는 것을 재차 확인할 수 있었다(Fig. 7). 또한 동시관측분석기법과 순위별 분석기법 간의 차이점을 살펴보면 상관도는 앞서 분석한 동시관측 분석기법(0.43~0.96)보다 순위별 분석기법 (0.95~0.99)적용시가 현저히 높게 나타나 순위별 분석기법의 우월성을 명확히 확인할 수 있었다. 하지만 포항/구미의 경우 상관식의 기울기 값에서 동시관측 분석기법(0.936)과 순위별 분석기법(0.950)으로 지역간 상관식 기울기 값의 차이에서 가장 큰 경우가 0.014로 분석 기법에 따른 기울기 값의 차이는 크지 않은 것으로 확인되었다.

3.3 수증기압

3.3.1 월별 상대습도와 시계열 분석

각 지역의 월별 수증기압의 최고, 최저, 일교차, 평균값을 Table 5에 나타내었다. 월별 최고 수증기압은 월별 차이가 나타나지 않은 상대습도와는 달리 5월에서 8월로 갈수록 점차 높아지는 경향을 보였으며 최저 수증기압은 5월에서 7월까지 높아지다 8월에서는 정체되는 경향을 보였다. 수증기압의 일교차는 6월이 가장 작고 8월이 가장 크게 나타났다. 한편, 관측기간

Table 5. The average of monthly water vapor pressure [단위:hPa]

구분		대구	하양	경주	구미	포항
5월	최고	14.39	14.83	14.59	15.87	14.67
	최저	8.84	9.30	9.10	10.52	9.69
	일교차	5.55	5.53	5.49	5.35	4.98
	평균	11.71	12.12	12.04	13.22	12.25
6월	최고	20.69	21.03	20.49	22.68	20.66
	최저	16.11	16.61	16.95	18.00	17.06
	일교차	4.58	4.42	3.54	4.68	3.60
	평균	18.83	19.11	18.93	20.61	19.11
7월	최고	26.62	27.59	27.09	30.10	26.99
	최저	21.24	22.30	21.85	25.27	22.18
	일교차	5.38	5.29	5.24	4.83	4.81
	평균	24.20	25.05	24.46	27.60	24.55
8월	최고	27.68	28.45	27.76	31.05	27.73
	최저	21.08	22.11	21.63	24.74	21.44
	일교차	6.60	6.34	6.13	6.31	6.29
	평균	24.90	25.75	25.04	28.10	25.13
평균	최고	22.35	22.97	22.48	24.93	22.51
	최저	16.81	17.58	17.38	19.63	17.59
	일교차	5.54	5.39	5.10	5.30	4.92
	평균	22.64	23.30	22.81	25.44	22.93

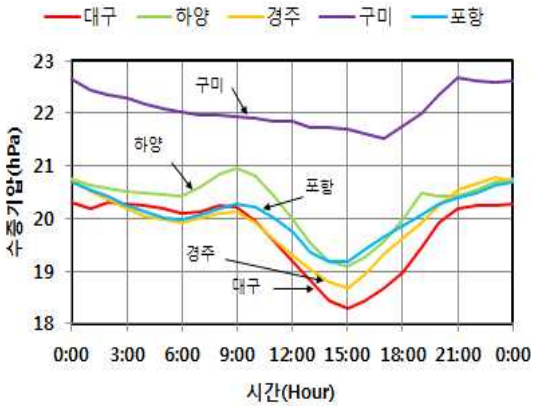


Fig. 9 Time series of water vapor pressure

동안 지역별 평균 수증기압을 살펴보면 구미(25.44hPa), 하양(23.30hPa), 포항(22.93hPa), 경주(22.81hPa), 대구(22.64hPa) 순으로 나타났다. 그리고 비슷한 도시 성격인 구미와 대구에서 수증기압의 차이는 2.80hPa로 가장 크게 나타났다. 이러한 결과에 대한 원인을 파악하기 위해서는 장기간의 관측 자료에 대한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

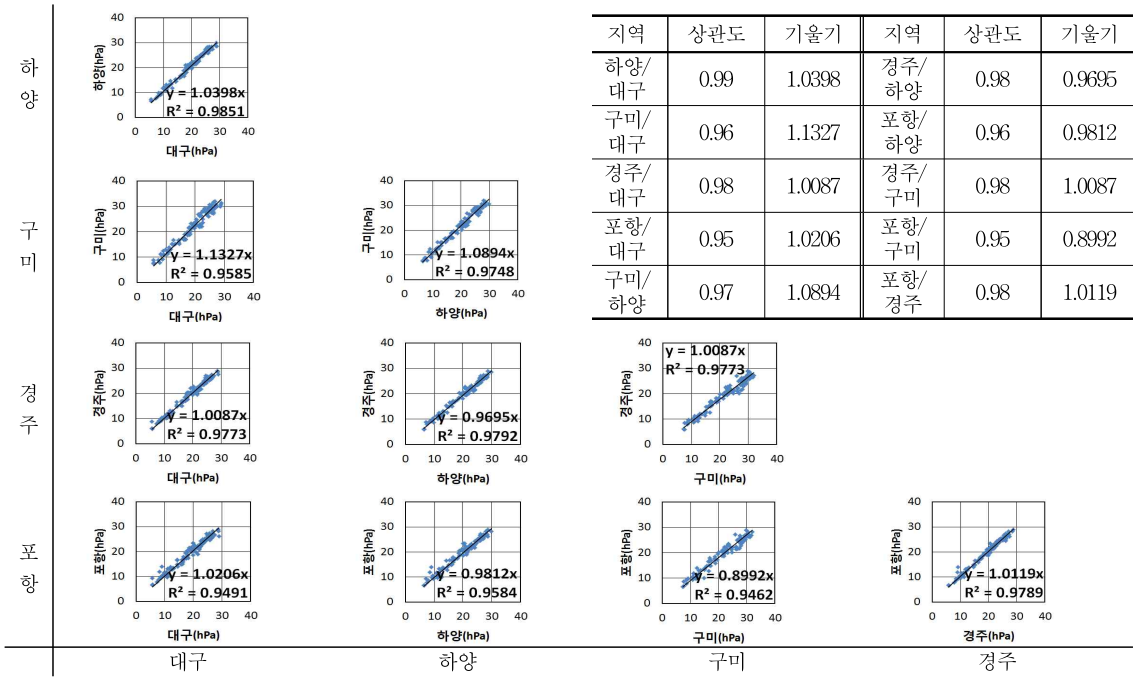
앞 절에서 분석한 상대습도의 경우 지역과 월별 특징을 파악하기 어려웠으나 수증기압 분석을 통해서는 그 특징을 명확하게 분석할 수 있었다. 따라서 추후 연구에서는 상대습도에 대한 분석보다는 수증기압에 의한 분석에 더 큰 비중을 두어야 할 것으로 판명되었다.

한편, 지역별 수증기압의 시계열 분포(Fig. 9)를 살펴보면 15:00~17:00시 사이에 수증기압의 최저값이 나타났으며, 구미(17:00시)를 제외하고는 나머지 4개 지역에서 15:00시에 그 최저값이 나타났다. 전 시간에 걸친 수증기압의 분포에서는 구미가 다른 지역에 비해 약 2hPa정도 높은 값을 나타내었으며, 일교차는 1.1hPa로 다른 지역의 1.8~2hPa보다 적게 나타났다. 특히 수증기압은 일출 후인 09:00시부터 급격히 감소하여 15:00시경에 최저로 되었다가 그 후 서서히 증가하여 21:00시 경에 회복된 패턴이 나타났다. 이러한 변화의 경향성은 태양복사에 의해 지면이 가열됨에 따라 지표면의 공기가 상공으로 대류하면서 지표부근의 수증기압이 일시적으로 감소하는 것으로 해석된다.

3.3.2 수증기압 상관도 분석

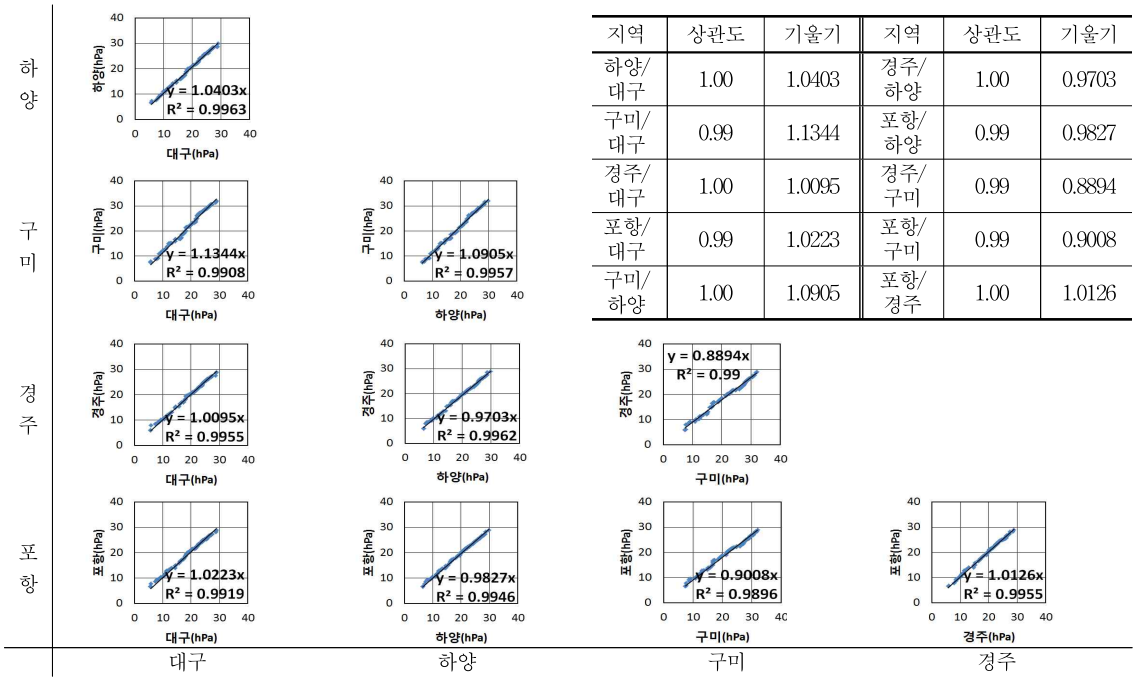
동시관측 분석기법과 순위별 분석기법에 따라 5개 관측지점에 대해 수증기압의 상관도 분석결과를 Fig. 10과 Fig. 11에 나타내었다. 두 지역간의 거리가 가장 가까운 하양/대구는 동시관측 분석기법에서는 0.99로 지역간 상관도에서 가장 높게 나타났으며, 이 수치는 상대습도의 상관도 0.96에 비해 높은 수치이다. 또한 두 지역간 거리가 가장 먼 포항/구미는 0.95로 상대습도의 0.46에 비해 상당히 높은 지역간 상관성을 나타냄으로써 수증기압의 분석에 대한 신뢰성을 입증할 수 있었다. 대구지역을 중심으로 한 상관성 분석에서도 대구에서 거리가 가장 먼 포항이 구미(0.96)와 경주(0.98)에 비해 낮은 0.95로 나타나 거리에 따른 상관성이 반비례하였다.

한편, 동시관측 분석기법과 순위별 분석기법의 차이점을 살펴보면 상관도에서 앞서 분석한 동시관측 분석기법(0.95~0.99)보다 순위별 분석기법(0.99~1.00) 적용시가 현저히 높게 나타나 지역간 비교에서는 순위별 분석기법이 다른 요소와 마찬가지로 그 우월성을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 앞서 검토한 기온이나 상대습도와는 달리 수증기압은 안정적이며 유사한 일변화 특성을 나타내는 것으로 분석되었다. 그리고 상관식의 기울기 값의 범위는 0.8894~1.1327로 두 분석기법 간의 차이는 거의 없었다.



지역	상관도	기울기	지역	상관도	기울기
하양/대구	0.99	1.0398	경주/하양	0.98	0.9695
구미/대구	0.96	1.1327	포항/하양	0.96	0.9812
경주/대구	0.98	1.0087	경주/구미	0.98	1.0087
포항/대구	0.95	1.0206	포항/구미	0.95	0.8992
구미/하양	0.97	1.0894	포항/경주	0.98	1.0119

Fig. 10 Correlation of water vapor pressure(Analysis method of same-time data)



지역	상관도	기울기	지역	상관도	기울기
하양/대구	1.00	1.0403	경주/하양	1.00	0.9703
구미/대구	0.99	1.1344	포항/하양	0.99	0.9827
경주/대구	1.00	1.0095	경주/구미	0.99	0.8894
포항/대구	0.99	1.0223	포항/구미	0.99	0.9008
구미/하양	1.00	1.0905	포항/경주	1.00	1.0126

Fig. 11 Correlation of water vapor pressure(Analysis method of rank data)

4. 결 론

(1) 기온, 상대습도, 수증기압에 대한 관측대상 5개 지역간의 비교 분석결과 순위별 분석기법이 동시관측 분석기법보다 현저히 높은 상관성을 나타내어 분석에 대한 신뢰성을 높일 수 있었다.

(2) 관측요소의 분석에서 지역간 거리가 증가함에 따라 두 지역간의 상관도는 감소하는 경향성을 나타내었다.

(3) 도시간의 비교 분석결과 해양성 지역기후인 포항의 경우 지역별 평균 일교차가 적고, 수변 및 녹지지역이 대부분인 하양의 경우 일교차가 크게 나타남을 알 수 있다. 일교차가 주변 환경이 갖는 열용량과 매우 밀접한 관계가 있음을 확인하였다.

(4) 상대습도에 대한 분석에서는 지역과 월별 특징을 파악하기 어려웠으나 수증기압 분석에서는 대기 중 절대수증기량 분석을 통해 지역별 분포 특징을 명확하게 확인 할 수 있었다.

(5) 수증기압은 기온이나 상대습도와는 달리 안정적이며 지역간에 매우 유사한 일변화 특성을 나타내는 것으로 분석되어 추후 지역간의 환경특성 분석에서 매우 중요하게 다루어야 할 요소임을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호 : 2011-0023594)

아울러 본 연구 수행과정에서 관측에 도움을 주신 상대초등학교, 황금초등학교, 한국원자력환경공단, 세아아파트 관계자께 감사의 뜻을 표합니다.

Reference

1. Park, S.B., Measurement and Analysis of Heat Island in summer in Gwangju, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 24 No. 4, pp.65~75., 2004
2. Jo. D.K., Chun. I.S., Lee. T.K., Kang. Y.H., Auh. C.M., A Study on the Analysis of Solar Radiation Components, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 21, No. 1, pp. 43~49., 2001
3. Jung. I.S., Choi, D.H., Lee, B.Y., Observational Study of Thermal Characteristics by Distribution Ratio of Green Area at Urban in Summer Season, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 31 No. 3, pp.8~16., 2011
4. Choi, D.H., Lee, B.Y., Oh H.Y., Long and Short Wave Radiation and Correlation Analysis Between Downtown and Suburban Area(Ⅰ), Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 4, pp. 94~100., 2013
5. Choi, D.H., Lee, B.Y., Oh H.Y., Long and Short Wave Radiation and Correlation Analysis Between Downtown and Suburban Area(Ⅱ), Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 4, pp. 101~110., 2013
6. Choi, D.H., Lee, B.Y., Jeong, H.S., Analysis on Daily Variation Mechanism of Short - wave Radiation between Downtown and Suburban Area during Summer Season, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 4, pp. 101~110., 2013