

부산지역의 하계 도시열환경의 특성에 관한 연구

이 귀 옥 · 이 현 주 · 이 화 운
부산대학교 대기과학과
(2006년 5월 26일 접수; 2007년 2월 12일 채택)

Study of Summer Season High Temperature Events in Busan

Kwi-Ok Lee, Hyun-Ju Lee and Hwa-Woon Lee

Department of Atmospheric sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
(Manuscript received 26 May, 2006; accepted 12 February, 2007)

The frequency of tropical nights and tropical days in Busan during summer season (June-August) from 1995 to 2004 were investigated. When air temperature higher than 25 °C continuously maintains at night in summer, it is called the occurrence of tropical night. Tropical day is defined that maximum air temperature is higher than 30 °C. In Jin-Gu and Daeyeon-dong shows a lot of frequency of tropical day and tropical night because there were located in downtown. Relatively, the areas where are located in seaside and riverside show very low frequency. This can be explained the cooling effects of sea and river. The main meteorological characteristics during tropical nights and tropical days is proved pattern of reverse tendency through wind rose. We analyzed heat index and discomfort index during tropical night and tropical day. This study is useful to understand the aspect of urban thermal environment but need some more observation to quantify.

Key Words : Heat index, Discomfort index, Tropical night, Tropical day

1. 서 론

세계인구의 80 %이상이 도시, 대도시에서 살고 있으므로 도시기후에 대한 관심이 점점 증대되고 있으며, 특히 급격한 도시화를 경험하고 있는 아시아에서 도시화에 의한 기후 변화와 대기 환경 악화에 대한 연구들이 더욱 필요하다고 지적되고 있다¹⁾.

최근까지의 도시기후에 대한 연구는 그 초점이 도시열섬에 맞추어져 있는데 기온관측에 의해 도시 열섬의 존재가 Howard²⁾에 의해 알려진 이후 지속적으로 세계 각국의 대도시에서 관측을 이용한 도시열섬 현상의 파악과 열섬강도, 일변화와 계절적 변화에 대한 연구들이 주를 이루었고^{3~6)}, 그 완화 방법을 연구하기 위해 도시열섬을 수치모의하고자 하는 연구가 행해져 왔다⁷⁾.

우리나라에 있어서도 관측자료를 이용한 도시열섬 현상을 확인하는 연구^{8~9)}와 도시열섬의 형성에

대한 원인을 규명하려는 연구^{10~11)}가 이루어졌는데 특히 대구분지에 있어서 자동차에 의한 이동관측을 통해 열섬의 특성에 관한 사례연구¹²⁾가 있으며 이 사례연구를 통해 특정일에 있어 도심 및 공단지역을 중심으로 고온역이 형성되고 외곽으로 갈수록 낮아지는 뚜렷한 열섬이 나타났으며, 일몰 이후부터 형성되어 야간과 새벽에 걸쳐 가장 잘 발달된 구조를 보이는 것으로 나타났다. 또한 서울지역의 공간적인 도시열섬 구조를 살펴보기 위해 EOF(empirical orthogonal function)분석을 실시하였으며 그 결과 이상적인 도시열섬의 공간적 패턴은 등온선이 도시 중심에 위치하며, 도시 중심부에서 멀어지면 온도가 감소하는 형태를 가지는데 서울의 도시열섬은 지형과 상업과 산업지역의 위치에 의해 상대적으로 따뜻한 지역이 동에서 서로 존재하며 찬 지역은 북한산과 관악산 부근에 위치하는 것을 밝혔다¹³⁾.

이렇듯 대부분의 도시기후에 대한 연구가 도시와 교외지역의 비교를 통해 도시가 교외지역에 비해 사람·건물·자동차·공장이 많아 엄청난 인공열을 발생시키고, 도시피복도의 측면에 있어서도 도시를

Corresponding Author : Hwa-Woon Lee, Department of Atmospheric sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
Phone: +82-51-510-2291
E-mail: hwlee@pusan.ac.kr

구성하는 높은 빌딩과 같은 인공구조물의 표면적이 넓어 많은 열을 흡수하고 아스팔트 도로는 쉽게 가열되기 때문에 이러한 도시 피복도에 의한 효과와 인공열에 의한 효과로써 교외지역보다 고온지역이 된다고 하는 것이다. 즉 실제 이렇게 도시 지역에서 도시기후의 특성으로 나타나는 고온일들이 어떠한 기상학적인 특징을 가지고 나타나는 것 인지에 대한 연구들은 아직 전무한 실정이다.

최근 우리나라 대도시에서는 여름철에 발생하는 열대야로 인해 불면증이나 소화불량 등으로 인하여 생활에 많은 불편을 겪고 있는데, 10년간의 기후를 연구한 권 등¹⁴⁾에 따르면 한반도 평균 열대야 일수는 6.1일이며 열대야의 지역별 분포를 보면 제주지역을 제외한 마산(12.9일), 대구(11일)에서 가장 많은 열대야 일수가 나타난 것으로 되어 있다. 특히 부산의 경우 1994년에 40일에 이르는 높은 열대야 일수를 기록하고 있으며 90년 이후 연평균 발생일이 10일에 이르는 것으로 나타나고 있다.

따라서 본 연구에서는 신시가지개발과 더불어 도시외곽으로 계속적인 도시화가 이루어지고 있는 부산지역을 대상으로 하계에 도시열환경의 특징으로 나타나는 도시 열대야와 열대일 현상이 어떠한 기상학적인 특징을 가지고 있는지 알아보려고 하였다. 더불어 열대야 기간 중의 열과지수와 불쾌지수를 산정하여 실제로 열대일과 열대야 기간에 개인이 느끼는 불쾌감이 어느 정도 증가하는지 알아보려고 하였다.

2. 자료 및 연구 방법

부산지역에서 관측되고 있는 부산기상대와 AWS 6개지점(Fig. 1)의 1995년에서 2004년의 10년간 지상관측자료를 이용하여 강수를 제외한 날들에 대해 부산의 지역적인 열대야 일수와 열대야의 정도를 산정하고 분석하였다. 각 지점에서 강수를 제외한 날들에 대해 최저기온이 25 °C 이상인 날을 열대야가 발생한 날로 산정하였으며, 일 최고 온도가 30 °C 이상인 날을 열대일의 발생일로 산정하여 기온, 상대습도와 바람장미를 분석하였다.

열과지수(Heat Index)는 미국 NOAA/NWS (National Weather Service)에서 개발한 지수로 화씨온도(°F)로 표시되며, 습도와 기온이 복합되어 사람이 실제로 느끼는 기온으로 표시하여 똑같은 기온이라도 습도가 높으면 더 덥게 느껴지는 것을 지수화한 것으로 Table 1을 이용하여 산정할 수 있다. 불쾌지수는 온습지수(Temperature-Humidity-Index) 라고 하며, 현 한국기상청 홈페이지에서 제공하고 있는 다음 식으로 산정하였다.

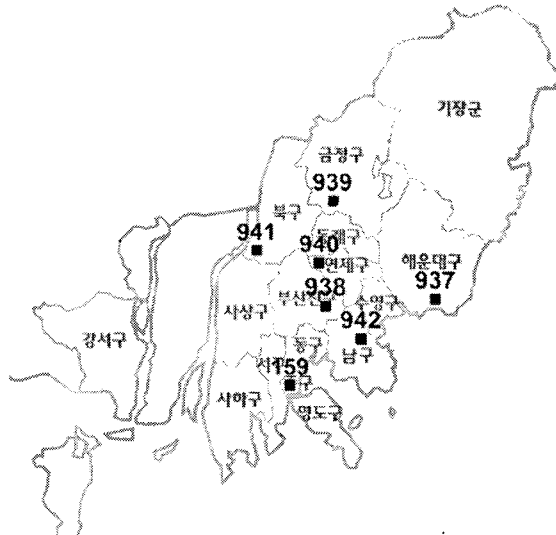


Fig. 1. Location of AWS sites in Busan. The Numbers are index of sites: 159:Busan weather station, 937:haeundae, 938:Jin, 939:Geumjeong, 940:Dongnae; 941:BukGu 942:Daeyeon.7.

$$DI = 9/5Ta - 0.55(1 - RH)(9/5Ta - 26) + 32$$

여기서, Ta는 건구온도(°C)이며, RH는 소수단위의 상대습도이다.

본 연구에서는 열대야가 발생한 날과 열대일이 발생한 날들에 있어서 일평균 열과지수와 불쾌지수를 산정하여 부산지역 하계의 열적 쾌적함이 어느 정도가 되는지 알아보았다.

3. 결과 및 고찰

부산지역에 있어 1995년부터 2004년까지의 열대일과 열대야의 발생일은 다음 Table 2와 같다. 지역적으로 많은 차이를 보여주고 있는데 열대야의 경우에 있어서는 부산진구 지점과 대연동 지점에서 10년 동안 100일을 넘는 열대야 발생일수를 보여주고 있으며 강가에 위치한 북구 지점에서 산지에 위치한 금정구에서 적게 발생하는 모습을 보여주고 있다. 일 최고 기온이 30 °C를 넘는 열대일의 경우에 있어서는 부산기상대에서 200일이 넘는 값을 보여주고 있으며 금정구, 진구, 대연지점의 순으로 나타났다.

3.1. 열대야 발생일의 특성

부산지역에서 월별로 열대야 발생일을 살펴보면 Fig. 2에서 보이는 것처럼 8월에 월등히 많은 발생일수를 보여주고 있다. 열대야 발생일의 강도로 살펴보면 최저 기온이 27 °C 이상인 날을 강한 열대야

Table 1. Heat index table

HEAT INDEX °F (°C)													
RELATIVE HUMIDITY (%)													
Temp.	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
110 (47)	136 (58)												
108 (43)	130 (54)	137 (58)											
106 (41)	124 (51)	130 (54)	137 (58)										
104 (40)	119 (48)	124 (51)	131 (55)	137 (58)									
102 (39)	114 (46)	119 (48)	124 (51)	130 (54)	137 (58)								
100 (38)	109 (43)	114 (46)	118 (48)	124 (51)	129 (54)	136 (58)							
98 (37)	105 (41)	109 (43)	113 (45)	117 (47)	123 (51)	128 (53)	134 (57)						
96 (36)	101 (38)	104 (40)	108 (42)	112 (44)	116 (47)	121 (49)	126 (52)	132 (56)					
94 (34)	97 (36)	100 (38)	103 (39)	106 (41)	110 (43)	114 (46)	119 (48)	124 (51)	129 (54)	133 (57)			
92 (33)	94 (34)	96 (36)	99 (37)	101 (38)	105 (41)	108 (42)	112 (44)	116 (47)	121 (49)	126 (52)	131 (55)		
90 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)	97 (36)	100 (38)	103 (39)	106 (41)	109 (43)	113 (45)	117 (47)	122 (50)	127 (53)	132 (56)
88 (31)	88 (31)	89 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)	98 (37)	100 (38)	103 (39)	106 (41)	110 (43)	113 (45)	117 (47)	121 (49)
86 (30)	85 (29)	87 (31)	88 (31)	89 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)	97 (36)	100 (38)	102 (39)	105 (41)	108 (42)	112 (44)
84 (29)	83 (28)	84 (29)	85 (29)	86 (30)	88 (31)	89 (32)	90 (32)	92 (33)	94 (34)	96 (36)	98 (37)	100 (38)	103 (39)
82 (28)	81 (27)	82 (28)	83 (28)	84 (29)	84 (29)	85 (29)	86 (30)	88 (31)	89 (32)	90 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)
80 (27)	80 (27)	80 (27)	81 (27)	81 (27)	82 (28)	82 (28)	83 (28)	84 (29)	84 (29)	85 (29)	86 (30)	86 (30)	87 (31)

로 27 °C미만인 날을 약한 열대야로 정의한 경우 전체적으로 전 지점에서 거의 20 %이상이 강한 열대야로 발생하는 것을 볼 수 있는데(Fig. 3), 특히 도심지 한가운데 위치하고 있는 동래와 진구 지점에서 강한 열대야가 나타난 것을 볼 수 있다. 북구의 경우는 열대야의 발생빈도도 가장 작게 나타났으며 발생한다하더라도 거의 대부분이 약한 열대야로 발생하는 것으로 나타났다.

열대야 발생일의 풍속의 특성을 살펴보면 열대야가 발생하는 00시에서 06시의 풍속분포를 보면

강수를 제외한 날들에 대해서 열대야가 발생한 날과 발생하지 않은 날들을 비교했을 때 Fig. 4에 보여지는 것처럼 부산기상대 지점, 금정구, 해운대, 동래구지점에서 열대야가 발생한 경우 0.5 m/s내외의 다소 변화가 약하지만 풍속이 강화되는 모습을 보여주고 있으며 바닷가에 인접해 있는 해운대 지점과 강가에 위치해 있는 북구 지점에서는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 풍속의 변화는 다소 약하더라도 풍향패턴은 뚜렷한 변화를 보이는데 전체적으로 열대야가 발생한 경우 남서풍계열의

Table 2. Frequency of tropical day and tropical night in Busan

	159 (Mete.)		937 Haeundae		938 Jin		939 Geumjeong		940 Dongnae		941 Buk		942 Daeyeon	
	tropical day	tropical night	tropical day	tropical night	tropical day	tropical night	tropical day	tropical night	tropical day	tropical night	tropical day	tropical night	tropical day	tropical night
1995	31	13	0	0	3	1	1	1	1	1	0	0	2	2
1996	33	22	2	2	2	1	2	0	5	2	3	1	0	0
1997	23	10	5	7	23	10	21	7	2	1	17	2	20	10
1998	14	9	6	9	19	13	15	8	13	10	11	5	14	9
1999	10	3	0	1	7	4	7	2	11	5	8	1	1	0
2000	30	12	8	4	28	21	24	2	24	10	21	2	32	15
2001	35	22	17	12	24	21	30	13	27	17	19	6	29	24
2002	14	5	6	7	21	13	27	8	25	9	13	3	20	11
2003	6	0	2	4	12	6	10	4	15	6	8	1	13	7
2004	20	0	14	18	26	21	32	19	34	26	24	9	32	25
sum	216	96	60	70	165	111	167	64	157	87	14	30	163	103

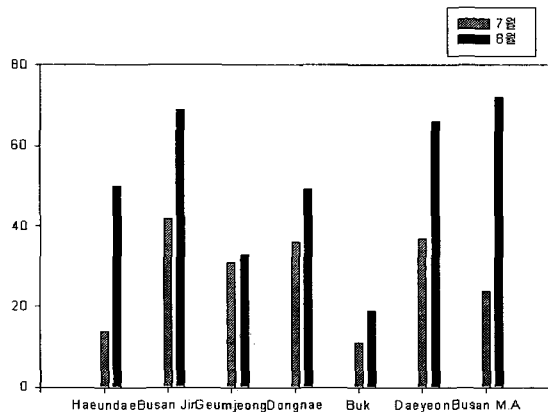


Fig. 2. Monthly frequency of tropical night.

풍향이 많이 나타나는 것을 확인할 수 있다(Fig. 5). 해안 가까이 위치하고 있는 부산기상대지점과 해운대의 경우는 육풍계열의 바람인 북서풍계열의 바람의 빈도수가 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 야간에 도시의 열적인 요인에 의해 복사냉각이 충분하지 않아 육풍이 약화되는 것으로 분석할 수 있다. 금정구와 동래구의 경우 내륙에 위치하여 해풍계열의 바람이 충분히 유입되지 않았는데 열대야가 발생한 경우에는 해풍인 남서풍계열의 빈도수가 뚜렷하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

상대습도의 경우 열대야가 발생한 경우에 야간의 상대습도가 그렇지 않은 날들에 비해 높은 값을 보여주고 있다(Fig. 6).

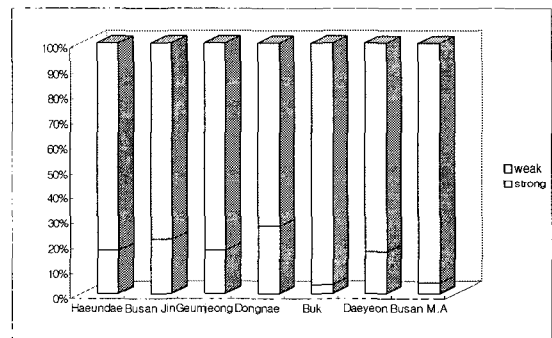


Fig. 3. Intensity of tropical night with weather observation stations.

3.2. 열대일 발생일의 특성

부산지역에서 일 최고 기온이 30 °C를 넘는 열대일의 발생특성을 살펴보면 Table 1에서 볼 수 있는 바와 같이 낙동강의 영향을 받고 있는 북구지점과 바다의 영향을 직접적으로 받고 있는 해운대에서 그 발생빈도가 낮게 나타나는 것을 볼 수 있으며, Fig. 7에서 볼 수 있는 바와 같이 월별의 발생빈도를 보면 6월에는 부산기상대지점과 해운대 지점에서는 최근 10년 동안 발생한 경우가 없고 내륙안쪽에 위치하고 있는 부산진구와 동래구 지점에서는 6월에도 열대일이 발생하는 모습을 보여주고 있다.

Fig. 8에 나타난 지점별 풍속의 변화를 살펴보면 금정구와 북구, 대연동에서 열대일이 발생하는 경우 최고온도가 나타나는 낮시간대에 풍속이 1 m/s

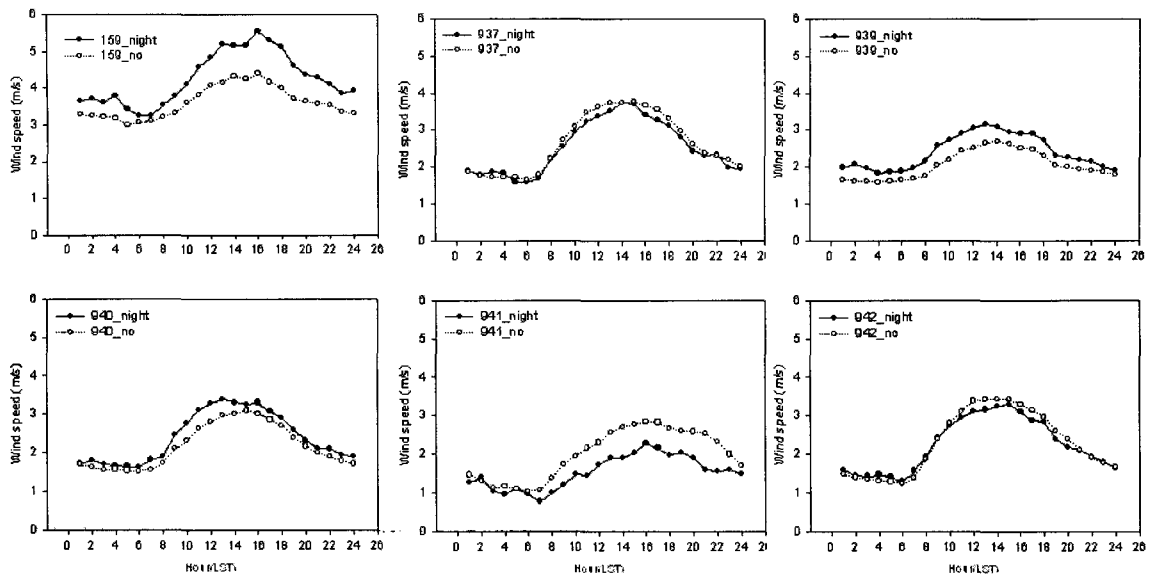


Fig. 4. Comparison of hourly averaged wind speed on tropical night and non-tropical night.

내외로 약해지는 현상을 보이는데 이는 이지역에서의 열대일이 바람이 약한 강한 안정상태에서 나타나는 것임을 시사한다. 풍향의 패턴을 보면 전체적으로 남서풍계열의 빈도수가 많아지는 것을 볼 수 있는데 특이한 것은 금정구와 동래구의 경우 열대일이 발생하지 않는 경우 거의 북동풍의 빈도수가 절대적이던 반해 열대일이 발생하게 되면 남풍계열의 풍향의 빈도수가 증가하는 것으로 보아 해륙풍순환이 발달하는 것을 볼 수 있다(Fig. 9). 즉 우리나라 여름철에 계절적으로 영향을 주는 북태평양 고기압의 영향아래 풍속은 약하지만 열대일이 발생하게 되면 열적 순환인 해륙풍 순환이 부산지역의 내륙안쪽인 금정구와 동래에까지 유입되는 것을 알 수 있다. 상대습도의 경우를 보면 낮시간대에 열대일이 발생한 경우 낮은 상대습도를 보여 주고 있다(Fig. 10).

3.3. 열대야와 열대일 발생일의 열파지수와 불쾌지수의 산정

여름철 야간에 발생하는 열대야와 일최고 온도가 30℃를 넘는 열대일의 발생은 인간생활에 불편증이나 열적인 피로감과 같은 일상생활에 있어 불편을 야기한다. 이러한 불편을 지수화한 것이 열파지수와 불쾌지수이다.

열파지수(Heat Index)는 미국 NOAA/NWS(National Weather Service)에서 개발한 지수로 화씨온도(°F)로 표시되며, 습도와 기온이 복합되어

사람이 실제로 느끼는 기온으로 표시하여 똑같은 기온이라도 습도가 높으면 더 덥게 느껴지는 것을 지수화한 것이다. 열파지수에 따른 발생가능한 질병은 Table 3에 표시하였다.

불쾌지수(discomfort index, DI)는 에어컨에 공급할 이상적인 전력량을 연구하던 미국 시카고대학의 Thom(1957)이 만들어 낸 것으로 습도와 기온을 따져 더위의 체감 정도를 수치로 나타낸 것으로 '온습도지수'라고도 부른다. 불쾌지수는 1959년 6월1일부터 미국 기상대가 실용화했고 한국에선 1964년 7월부터 도입됐다¹⁵⁾. 불쾌지수에 따른 쾌적도의 정도는 Table 4에 표시하였다.

본 연구에서는 2001과 2002년의 2개년의 여름철 열대야 발생일과 열대일 발생일에 있어 일평균 기온과 일평균 상대습도자료를 이용하여 열파지수와 불쾌지수를 산정해 보았다. 그 결과 Table 5에 나타낸 바와 같이 열대야가 발생한 날에 있어서는 열파지수가 92.5이고 불쾌지수는 80.7로 열대야가 발생하지 않은 날들의 열파지수 77.7과 불쾌지수 72.8에 비해 열경련이나 열피폐의 가능성이 높은 것을 보여주었다.

열대일이 발생하는 경우에는 열파지수가 90.22이고 불쾌지수는 79.4로 열대일이 발생하지 않은 경우인 열파지수 75.48과 불쾌지수 71.23보다 열대일이 발생하지 않은 경우 10%정도 불쾌를 느끼는 반면 열대일이 발생하면 50%이상의 사람들이 불쾌감을 느끼는 정도로 변화하였다(Table 6).

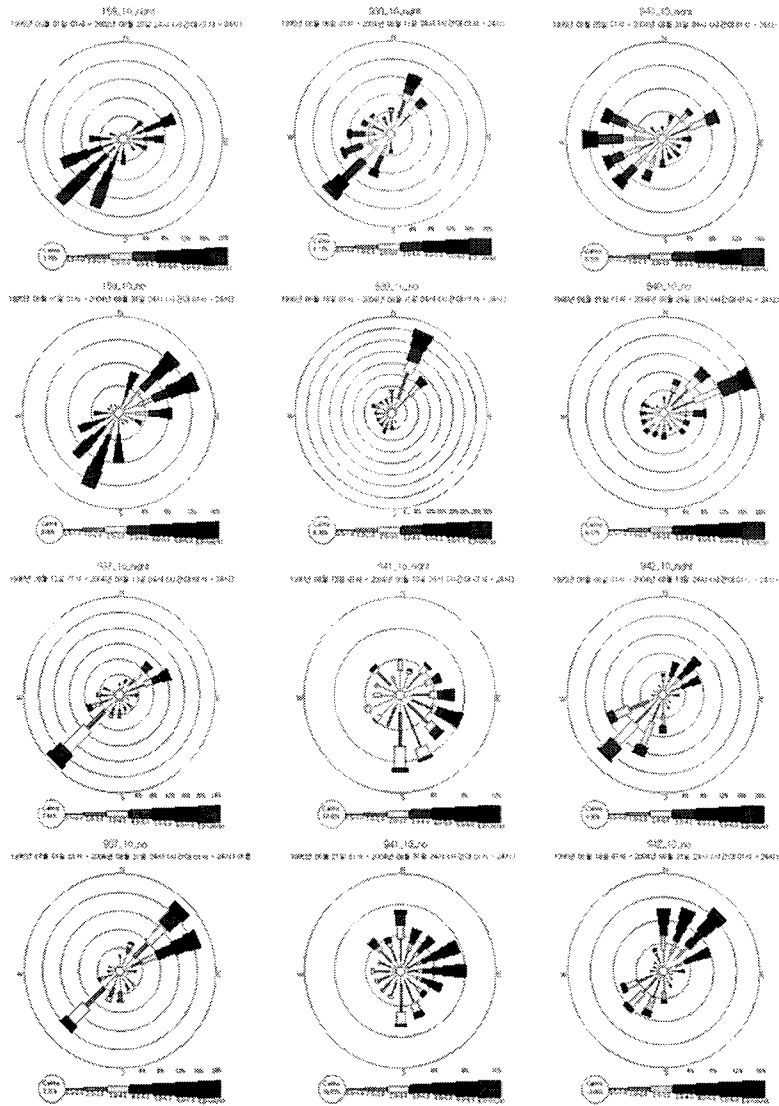


Fig. 5. Comparison of wind rose on tropical night and non-tropical night.

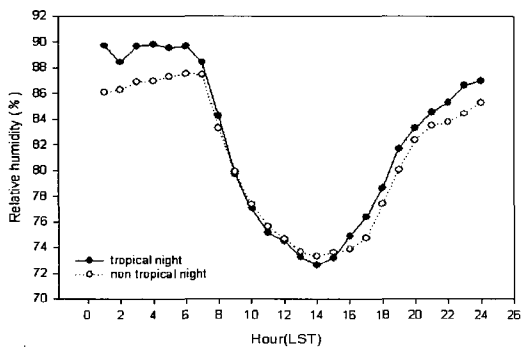


Fig. 6. Comparison of the hourly averaged humidity on tropical night and non-tropical night at BMO (Busan Regional meteorological office).

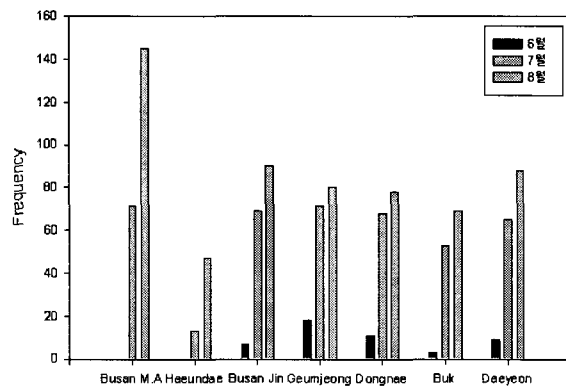


Fig. 7. Monthly frequency of tropical day.

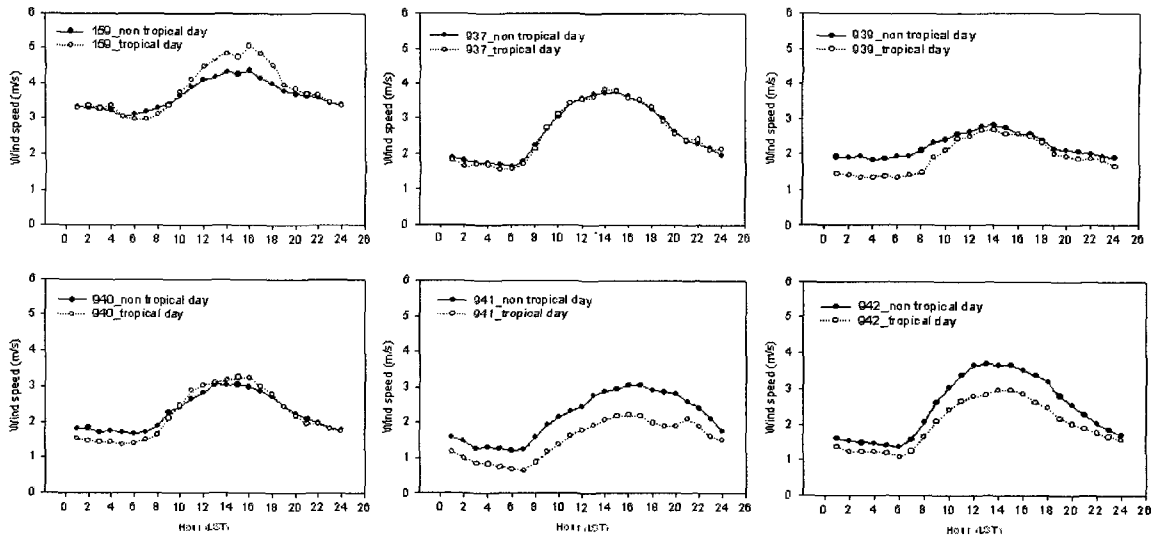


Fig. 8. Comparison of hourly averaged wind speed on tropical day and non-tropical day.

Table 3. The table of Heat index

Category	Heat Index	Possible heat disorders for people in high risk groups
Extreme Danger	130°F or higher (54°C or higher)	Heat stroke or sunstroke likely.
Danger	105 - 129°F (41 - 54°C)	Sunstroke, muscle cramps, and/or heat exhaustion likely. Heatstroke possible with prolonged exposure and/or physical activity.
Extreme Caution	90 - 105°F (32 - 41°C)	Sunstroke, muscle cramps, and/or heat exhaustion possible with prolonged exposure and/or physical activity.
Caution	80 - 90°F (27 - 32°C)	Fatigue possible with prolonged exposure and/or physical activity.

Table 4. The table of discomfort index

Index	the degree
higher than 86	The whole population feels an heavy discomfort
~83	The whole population feels discomfort
~80	More than half population feels discomfort
~75	The 10% of population feels discomfort
~70	A few population feels discomfort
lower than 68	No discomfort

이상의 결과로부터 부산지역에서 열대야와 열대일의 발생하는 경우 열경련이나 열피폐의 가능성이 높게 나타나고 있으며 불쾌감도 크게 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 도시 열환경의 영향은 생태계나 인간환경에 다양한 형태로 악영향을 줄 수 있고 대기오염을 가중시키는 2차적인 악순환을 일으키므로 적극적인 대응이 필요하다고 할 수 있다.

4. 요약 및 결론

부산지역에서 관측되고 있는 기상관측값을 이용하여 국지적인 지역별 열대야와 열대일 발생일의 기상학적인 요소들의 특성을 살펴보았다. 그 결과 열대야가 발생한 경우 낙동강의 왼쪽에 위치한 북구 지점과 해안에 인접해 있는 해운대에서 열대야 발생일이 적게 나타나며 강과 해양의 냉각효과에 의한 것으로 생각되어진다. 또한 시가지 중심에서 풍속의 강화가 나타나며 복잡한 지형효과의 영향으로 풍속에 있어서는 그 변화가 뚜렷하지 않았지만 풍향에 있어서는 명확한 패턴의 차이를 보여주었다.

열대일이 발생한 경우 시가지 지역인 부산진구

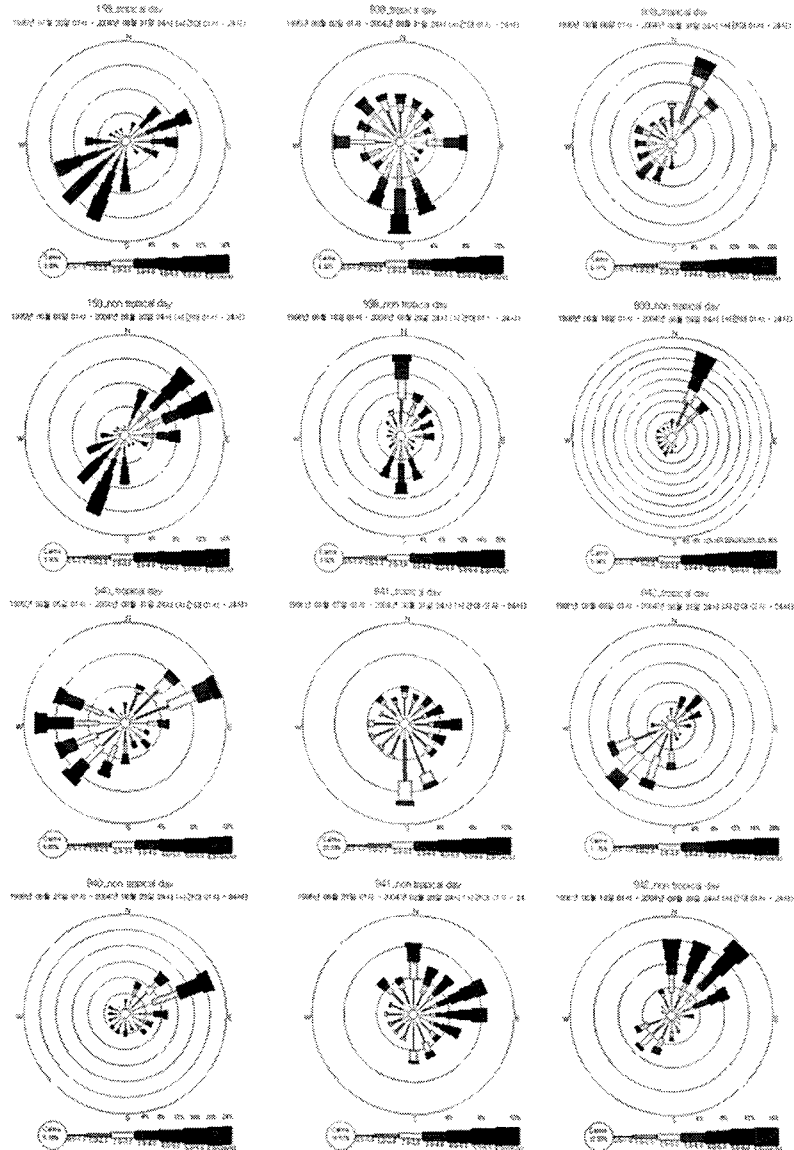


Fig. 9. Comparison of wind rose on tropical day and non-tropical day.

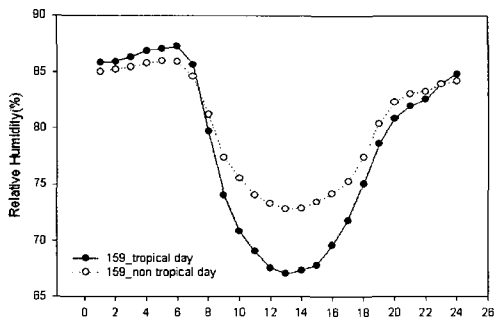


Fig. 10. Comparison of the hourly averaged humidity on tropical day and non-tropical day at BMO(Busan Regional meteorological office).

와 동래에서는 6월에도 열대일이 발생하고 있었으며 해운대지점에서 열대일 발생빈도가 가장 낮게 나타났으며 열파지수는 15 상승하고 불쾌지수는 8 정도 상승하는 것으로 나타났다.

부산광역시외의 경우 도시에서 생활을 하고 있으므로 시민의 삶의 질 향상을 위해서도 도시 열환경에 대한 연구는 더욱 필요하다고 할 수 있다. 또한 도시 열환경의 정확한 현상 파악과 더불어 도시의 쾌적성 확보를 위해 도시 내 녹지를 확충하고 보존하려는 노력이 필요하며 도시계획에 있어 지역적인 기후분석의 결과를 토대로 한 다양한 도시계획의 다양한 노력들이 필요하다 할 수 있다.

Table 5. The example of heat index and discomfort index in the case of tropical night, 2001

tropical night				heat index	discomfort index
159	2001	7	21	88.0	80.8
159	2001	7	22	102.0	81.5
159	2001	7	23	99.0	81.3
159	2001	7	24	97.0	81.6
159	2001	7	25	93.0	81.0
159	2001	7	26	85.0	79.7
159	2001	7	27	85.0	79.6
159	2001	7	29	99.0	82.8
159	2001	8	1	102.0	83.6
159	2001	8	2	99.0	83.5
159	2001	8	3	97.0	83.0
159	2001	8	4	97.0	83.4
159	2001	8	6	86.0	80.9
159	2001	8	8	88.0	80.8
159	2001	8	9	88.0	79.3
159	2001	8	15	102.0	81.4
159	2001	8	16	97.0	81.4
159	2001	8	17	97.0	80.4
159	2001	8	18	86.0	79.2
159	2001	8	20	95.0	79.7
159	2001	8	21	83.0	79.1
159	2001	8	22	95.0	80.1

Table 6. The example of heat index and discomfort index in the case of tropical day, 2001

tropical day				heat index	discomfort index
159	2001	7	2	88	78.4
159	2001	7	3	87	77.9
159	2001	7	4	87	76.8
159	2001	7	20	87	78.5
159	2001	7	21	88	80.8
159	2001	7	22	102	81.5
159	2001	7	23	99	81.3
159	2001	7	24	97	81.6
159	2001	7	25	95	81.0
159	2001	7	26	85	79.7
159	2001	7	27	85	79.6
159	2001	7	28	97	80.3
159	2001	7	29	99	82.8
159	2001	7	31	102	82.3
159	2001	8	1	102	83.6
159	2001	8	2	99	83.5
159	2001	8	3	97	83.0
159	2001	8	4	97	83.4
159	2001	8	5	99	80.7
159	2001	8	6	95	80.9
159	2001	8	8	87	80.8
159	2001	8	13	85	78.6

감사의 글

이 연구는 기상청 기상지진개발사업(CATER 2006-2205)의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- 1) Crutzen P., 2004, New directions : the growing urban heat and pollution 'island' effect - impact on chemistry and climate, *Atmos. Environ.*, 38, 3539-3540.
- 2) Howard L., 1883, *Climate of London deduced from meteorological observation*, 3rd ed., Harvey & Darton, London.
- 3) Jauregui E., 1997, Heat island development in Mexico City, *Atmos. Environ.*, 31, 3821-3831.
- 4) Klysik K., Fortuniak K., 1999, Temporal and Spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland, *Atmos. Environ.*, 33, 3885-3895.
- 5) Montavez J. P., Rodniguez A., Jimenez J. I., 2000, A study of the urban heat island of Granada. *Int. J. Climatol.*, 20, 899-911.
- 6) Yague C., Zurita E., Martinez A., 1991, Statistical analysis of the Madrid urban heat island, *Amos. Environ.*, 25B, 327-332.
- 7) Saitoh T. S., 1996, Modeling and simulation of the Tokyo urban heat island, *Atmos. Environ.*, 30, 3431-3442.
- 8) 기상연구소, 1978, 서울지방의 Heat Island 특성 연구, 연구보고서, 78(4), 170.
- 9) 이종범, 김용국, 김태우, 1993, 춘천 지역 도시 열섬의 특성과 대기질에 미치는 영향, *한국대기보전학회지*, 9(4), 303-309.
- 10) 한영호, 김보현, 이동인, 1993, 부산지역 도심지의 열섬현상과 기온변화에 대한 연구, *한국기상학회지*, 29(3), 205-216.
- 11) 김수봉, 김기호, 조진희, 2001, 도시열섬현상의

- 원인과 대책, 환경과학논집, 6(1), 63-89.
- 12) 윤일희, 민경덕, 김경익, 1994, 대구지역의 기상 특성연구 및 대기확산 모델의 개발 II. 도시열섬의 특성에 관한 사례연구, 한국기상학회지, 30(2), 304-313.
- 13) Kim Y.-H., Baik J.-J., 2005, Spatial and Temporal Structure of the Urban Heat Island in Seoul. American Meteorological Society, 44, 591-605.
- 14) 권원태, 안기효, 최영은, 2002, 최근 한국의 10년 기후특성 분석, 한국기상학회보, 12(1), 451-454.
- 15) <http://kma.go.kr>