대구지역의 환경친화적 도시계획을 위한 도시환경기후지도 작성에 관한 연구

박명희 · 정우식¹⁾ · 김해동^{2)*}

국립수산물과학원, ¹⁾인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터, ²⁾계명대학교 환경대학
(2010년 12월 13일 접수; 2010년 12월 20일 수정; 2011년 1월 4일 채택)

A Study on Urban Environmental Climate Mapping Method for Sustainable Urban Planning in Daegu

Myung-Hee Park, Woo-Sik Jung¹⁾, Hae-Dong Kim^{2)*}

National fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

¹⁾Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center,
Inje University, Gimhae 621-749, Korea

²⁾College of Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

(Manuscript received 13 December, 2010; revised 20 December, 2010; accepted 4 January, 2011)

Abstract

To preserve atmospheric environment of urban areas, it needs to create urban space considering air pollution sources and natural and geographical properties such as wind circulation. According to this study could examine climate and environmental characteristics of Daegu and accordingly suggest a climate map in urban environment and an "advice map" in urban planning. The urban area (area paved with asphalt and concrete) of Daegu has increased by more than five times since 1960. In addition, the analysis of thermal environment through satellite data shows that the surface temperature between a place paved with artificial structures and a farmland shows 10~20℃ difference during the daytime in the summer. Regarding the parks inhibiting the heat island of a city have the small area of trees, and the road paved with concrete is wide so that they hardly serve as the source of heat absorption. As Apsan is located to the south of Daegu and Palgongsan to the north and Daegu has east high west low type, mountain wind from mountains in the south and north passes a city and delivers heat and air pollutions at night. In the west of Daegu, there is the poorest environment and industrial facilities and environmental basic facilities are mostly located, so large residential complexes that are being built around the industrial facilities as if they set up a folding screen and therefore the poor environment is increasingly worse.

Key Words : Urban environmental climate map, Advice map, Wind circulation, Urban plan

1. 서 론

도시 내의 다양한 열적 조건에 의해 형성된 지표면

온도는 하층대기의 유동현상에도 영향을 미쳐 다양한 도시환경 문제를 유발한다. 그 중 도시열섬화는 교외에서 도시로 유입되는 바람(교외풍)을 야기시키는데, 이러한 바람은 도심에서 상승한 후에 다시 교외로 불어나가는 순환구조를 형성한다. 이 과정에서 상승기류에 의한 도시형 강수가 발생하기도 하고, 도시의 상

*Corresponding author : Hae-Dong Kim, College of Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone: +82-53-580-5930
E-mail: khd@kmu.ac.kr

공에 거대한 먼지층(dust dome)을 형성하기도 한다. 이처럼 도시열섬화가 심화될수록 도심지 저층대기에서는 대기오염물질이 체류하기 쉬운 기상조건이 형성된다. 이로 인한 도시의 대기질 악화는 시민들의 체감 쾌적도를 현저히 낮추고 건강에 위해를 준다. 이러한 문제를 효율적으로 저감시킬 수 있는 방법은 도시의 기후환경을 보전할 수 있는 정책적 측면에서의 방안을 도시계획 단계에서 반영하는 것이다. 이와 같은 개념의 구체적인 시도가 독일에서 시작되었고, 오늘날 아시아의 여러 도시에서도 적용되기 시작한 것이 도시계획을 위한 도시환경기후지도이다.

종관규모의 일반풍이 약하고 쾌청한 기상조건 하에서는 국지적 토지이용도나 지형조건의 차이로 국지풍순환이 생성될 수 있다. 연중 바람이 약한 유럽 내륙에 위치한 독일에서는 교외의 산지에서 야간에 형성된 냉기류(산풍)가 도시를 잘 통과할 수 있도록 유도함으로써 도시의 대기오염물질에 대한 환기기능을 강화하고, 여름철 도시의 야간기온을 낮추어 도시인의 환경쾌적성을 향상시키려는 노력이 자리 잡게 되었다. 이러한 냉기류가 지나가는 길을 바람길(wind ventilation path)이라고 하며, 냉기류의 저온의 성질을 보전하면서 흐름을 원활하게 하기 위하여 이러한 바람이 지나가는 저지대에 도시녹지를 조성하고, 고층건물의 건립을 제도적으로 억제하는 것이다(구 등, 2004).

도시에 축적되는 대기오염물질의 해소 및 자연정화를 위해서 독일과 우리나라의 여러 기관들은 “cold fresh air corridor”를 규명하기 위해서 도시기후학과 컴퓨터 모델링에 근거한 방법론을 구축하고, “도시와 지역 간의 대기오염물질의 이동과 확산”, “도시외곽의 녹지와 초지에서 생성된 신선한 공기의 도심지 유입”에 대한 연구를 수행해 오고 있다.

독일의 도시환경기후지도는 독일 슈투트가르트 시에서 작성되었던 “클리마아트라스(Klimaatlas)”에서 힌트를 얻어 제안된 것으로 “도시계획·건축을 위한 기후지도”를 말하며, 슈투트가르트 시에서는 기후환경의 연구성과를 대기오염 대책이나 도시환경계획에 활용한다는 관점에서 “Klimaatlas”라는 지도집을 작성하였으며, 독일의 많은 도시에서 이러한 지도가 작성되었다(日本學術會議, 2003). 일본은 고베지역을 대상으로 친환경적 도시계획을 위하여 토지이용현황과

오염배출현황, 지형 및 도시기후 등을 고려하여 기후분석 지도를 작성하였으며, 활발한 연구가 진행되고 있다(Moriyama 등, 1998).

우리나라는 현재 도시환경기후지도 제작을 위해 여러 연구가 수행되고 있지만 독일과 일본에 비해 내용적인 측면이 취약하며, 방법론 역시 뚜렷하게 제시되지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 내륙 대도시인 대구지역을 대상으로 도시기후 및 환경 특성에 맞는 도시환경기후지도를 시범적으로 제작해 봄으로써 우리나라의 도시환경기후지도 작성에 대한 방법론을 제시해 보고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 대상지역

우리나라의 도시환경기후지도 작성에 대한 방법론을 제시하기 위하여 시범적으로, 내륙 대도시인 대구지역(Fig. 1)을 대상으로 하여 연구를 진행하였다.

대구지역의 지형적 특성을 살펴보면 북쪽에는 팔공산, 남쪽에는 대덕산과 비슬산이 병풍처럼 둘러싸여 있고, 동서부의 완만한 구릉지에 형성된 분지형 도시로서 시가지는 신천의 남동에서 북서로 뻗치는 장방형의 범람원에 형성되어 있다. 신천은 대구의 남쪽 산악지인 팔조령에서 발원하여 시가지를 관류하여 금호강과 합쳐지고, 금호강은 동쪽에서 서쪽으로 흐르다가 강정에서 낙동강과 합류하며, 낙동강은 대구의 서쪽을 감싸 안고 부산경남지역으로 흐르고 있다. 이와 같은 지형구조는 ①북부산지(팔공산과 그 주변을 둘러싸고 있는 환상산지가 뻗어있는 북부지대), ②서부평야(서부일대에 북에서 남으로 낙동강이 흐르고 강 좌안에 있는 다사, 화원, 옥포, 논공, 현풍 등의 하안평야), ③중앙저지(대구 시가지를 이루고 있는 신천의 범람원 지역), ④구릉지(신천 범람원의 동서 양편에 펼쳐있는 해발 100 m미만의 저산성 구릉지) 등의 지역으로 구분할 수 있다. 이러한 지형적 특성으로 인하여 뚜렷한 대륙성 기후를 나타내었으나, 최근에는 기상변화로 그 양상이 아열대성 기후로 변화하고 있다(대구시청, 2009).

Fig. 1. Topography in Daegu.

2.2. 연구방법

2.2.1. 도시환경기후지도 제작 과정

본 연구에서는 환경친화적 도시계획에 활용되는 도시환경기후지도 제작을 위하여 우리나라에 인근해 있으며 내륙지형 및 지리적 위치가 유사한 일본에서 시행하고 있는 도시환경기후지도 제작과정을 기본적으로 참고하였다(Fig. 2).

도시환경기후지도는 크게 기후해석과정, 기상이의 공간정보과정, 수치실험과정으로 구성되어 있다. 기후해석 및 기상이의 공간정보과정에서는 관련 자료의 수집과 현지조사를 통해 기온과 바람장 그리고 대기 오염배출량과 인공열배출량, 열환경 분포 등을 분석할 수 있으며 수치실험과정은, 도시환경기후지도 작성 단계에서 대기오염을 저감시키고 도시의 열적 쾌적성을 향상시킬 수 있는 하나의 방법으로서, 지역의 바람통로 정보를 파악하는 방안적 수단으로 활용하기 위한 과정이다. 이상의 과정을 통해 얻어진 결과는 차

Fig. 2. Urban environmental climate map manufacture process.

고 신선한 공기의 이동경로 확보를 위한 해결책인 advice map 작성에 활용된다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 기후해석과정

도시환경기후지도의 기후해석과정을 설명하는데 필요한 기상자료는 계명대학교 기후환경연구실에서 대구지역에 설치한 자동기상관측망(7개 지점)과 대구 기상대(1개 지점)의 2009년의 자료를 이용하였으며 이를 활용하여 대구지역의 기온과 바람장을 분석하였다. 다음의 결과는 advice map 작성을 위한 도시기후 지역구분(zoning)에 활용된다.

3.1.1. 기상관측지점의 특징

대구에는 북쪽으로는 팔공산, 남쪽으로 앞산이 위치하여 남북으로 막혀있어 동서쪽으로 도시발달이 이루어져 있으며, 서쪽 끝으로 낙동강이 흐르고 금호강과 신천이 도시를 가로지르는 독특한 지형을 가지고 있어 소지역별로 서로 다른 바람장이 출현하고 있을 가능성이 크다.

각 자동기상관측지점의 특징을 살펴보면 지점 1의 '칠곡(Chilgok)'은 해발고도 1,193 m인 팔공산의 북서쪽 끝자락에 위치해 있으며, 서쪽으로는 팔거천이 북쪽에서 남쪽으로 흐리고 남쪽으로는 시가지가 형성되어 있다. 지점 2의 '평리(Pyungri)'는 서쪽으로 해발고도 299.6 m의 와룡산과 대규모 산업시설중의 하나인 서대구공단, 북쪽으로는 비산염색공단과 대구제3공업공단이 위치해 있다. 동쪽 저지대에는 시가지가 형성되어 있고, 남쪽으로는 대규모 아파트 단지와 주거단지가 위치해 있다. 지점 3의 '대구기상대(Daegu)'는 해발고도 57.6 m에 위치하고 있으며, 대구의 동쪽 시가지에 위치해 있다. 관측지점의 주변으로는 고층건물이 위치하지 않은 열린 공간이다. 지점 4의 '사대부고(Sadae)'는 대구지역의 중심지인 중구의 중심에 위치하여, 동쪽으로는 신천이 흐리고, 동서쪽에는 대단위 고층주상복합 아파트단지가 건설되어 기류변형이 심한 지점이다. 지점 5의 '감삼(Gamsam)'은 동쪽으로는 해발고도 130 m의 두류산을 포함한 면적 165만 3965 m²의 두류공원이 위치하고, 서쪽으로는 대구의 대표적인 산업시설인 성서공단이 자리잡고 있

며, 또한 낙동강의 젓줄기인 금호강이 흐르고 있다. 지점 6의 '수성(Suseong)'은 북쪽으로는 시가지가 형성되어 있으며, 동쪽에는 해발고도 593 m의 무학산, 남쪽에는 해발고도 469.1 m의 성암산과 신천이 흐르고, 서쪽으로는 해발고도 653 m 산성산이 위치해 있다. 지점 7의 '도원(Dowon)'은 동쪽으로는 해발고도 546 m 대덕산 끝자락에 달비골이 위치해 있고, 남쪽으로는 도원지가, 서쪽 저지대에는 대규모 아파트 단지가 형성되어 있다. 지점 6의 '수성(Suseong)'과 지점 7의 '도원(Dowon)'은 야간에 형성된 저온의 청정한 산풍이 계곡을 따라 저지대인 시가지와 대규모 아파트단지로 유입될 것으로 판단된다. 지점 8의 '화원(Hawon)'은 명곡지라고 하는 계곡의 아래에 위치하고 있어 주야간에 걸쳐서 풍향이 역전되는 교대풍(산곡풍)이 발달할 것으로 판단된다.

Fig. 3. Location of weather observing sites in Daegu.

3.1.2. 기온분포도

Fig. 4~5는 2009년 하계와 동계의 평균기온의 시간변화를 제시한 것이다. 이를 살펴보면 도시의 중심부에 위치한 사대부고(Sadae)와 평리(Pyungri)지점은 동계와 하계 모두 동일하게 낮과 밤의 기온이 다른 지역에 비해 높았다. 이는 도시 중심부의 넓은 면적이 아스팔트와 콘크리트로 덮여있어 낮과 밤 모두 지속적

으로 대기로 열을 방출하기 때문이다. 북구 지역에 위치한 칠곡(Chilgok) 지점의 경우 낮에는 기온이 높은 반면, 밤에는 기온이 낮아 다른 지역에 비해 높은 일교차를 나타내었다. 이는 낮 동안 곡풍의 영향으로 도시 중심부에서 배출된 높은 열이 북부지역에 운반되어 고온을 형성하였고, 밤에는 팔공산에서 야간복사냉각을 통해 형성된 산풍이 주거단지가 위치한 저지대까지 영향을 미쳐 저온을 나타내기 때문이다. 수성구 지역에 위치한 수성(Suseong)지점은 낮과 밤 모두 낮은 기온분포를 보였는데, 이는 무학산과 성암산, 산성산의 야간복사냉각에 의해 형성된 산풍의 영향으로 판단된다. 남구와 달서구 지역의 위치한 화원(Hawon), 도원(Dowon) 지점에서는 낮에 곡풍의 영향으로 성서공단에서 배출된 열이 월성동 주거단지에 영향을 미쳐 높은 기온분포를, 밤에는 앞산에서 야간복사냉각을 통해 형성된 산풍의 영향으로 다른 지역에 비해 낮은 기온 분포를 나타내었다.

Fig. 4. Diurnal variation of mean temperature in summer.

Fig. 5. Diurnal variation of mean temperature in winter.

3.1.3. 바람장 분석

대구지역 8개 관측지점의 2009년 연평균과 동계, 하계의 풍향·풍속 자료를 이용하여 지형에 의한 바람장 특성을 Fig. 6~8에 제시하였다. 본 연구에서는 16방위를 사용하였으며, 막대의 중심으로부터 원의 수는 백분율로 발생빈도를 나타내고, 막대의 종류에 따라 풍속 구간을 구분하고 있다. 먼저 지점 1의 '칠곡(Chilgok)'은 북쪽이 높은 산으로 둘러싸여 산곡풍의 영향을 받아 연간 계절에 상관없이 북풍이 주계열을 이루고 있다. 지점 2의 '평리(Pyungri)'와 지점 3의 '대구기상대(Daegu)'는 도심에 위치하고 있으며, 주변에 고층건물이 위치하지 않은 열린 공간에 위치하고 있어 계절풍인 북서풍과 남동풍이 주계열을 이루고 있음을 알 수 있다. 지점 4의 '사대부고(Sadae)'는 도심의 중심에 위치하고 있으나, 관측지점의 주변에 위치한 고층주상복합아파트 단지에 의한 기류변형 효과로 인해 서풍이 주계열을 이루고 있었다. 이는 안 등 (2010)의 대구 도심에서 고층주상복합단지 건설 전후의 국지기후환경 변화에 관한 사례 연구를 통해서 제

Fig. 6. Annual mean windrose at ground level in Daegu(2009).

Fig. 7. Summer mean windrose at ground level in Daegu(2009).

Fig. 8. Winter mean windrose at ground level in Daegu(2009).

시된 사대부고(Sadae)지점의 경우 고층주상복합 단지 전에는 서북서풍이 주계열을 이루었으나, 고층주상복합단지 건설 후에는 서풍으로 주계열이 변화된 것과 동일한 결과이다. 지점 5의 ‘감삼(Gamsam)’은 남서풍과 동풍이 주계열을 이루고 있는데, 이는 감삼(Gamsam) 지점의 동쪽에 위치한 두류산과 남서쪽에 위치한 대덕산에 의한 영향으로 판단된다. 지점 6의 ‘수성(Suseong)’과 지점 7의 ‘도원(Dowon)’은 남쪽이 높은 산으로 둘러싸여 있어 산곡풍의 영향으로 연간 남풍이 주계열을 이루고 있다. 지점 8의 ‘화원(Hawon)’은 계절풍인 북서풍과 남서풍이 주계열을 이루고 있으며, 또한 남동쪽에 위치한 비슬산의 영향으로 남동풍도 높은 출현 빈도를 나타내고 있다.

3.1.4. 토지이용도

여기서는 대구지역의 장기적인 토지이용도 변화를 나타내었다. 이 자료는 수자원관리종합시스템(WAMIS)에서 Landsat 영상을 처리하여 제공한 대구지역의 지형 공간 래스터 자료를 이용하였다. 자료의 공간해상

도는 1975년은 30 m×30 m, 1990년과 2000년은 60 m×60 m 이다. 이렇게 조사된 토지이용도의 항목별 변화를 Table 1에 제시하였다. 도표에 제시된 숫자는 연도별 각 카테고리가 차지하는 비율을 나타낸 것이고, 괄호에 나타낸 숫자는 1975년을 100으로 보았을

Table 1. Land-use alteration during recent 25 years in Daegu. Above numerals are relative proportion(%) compared with total area. Lower numerals indicate relative proportion(%) compared with 100% of 1975

	1975	1990	2000
Water	1.3 (100)	1.3 (100)	1.3 (100)
Urban and Built-up area	2.4 (100)	10.2 (425)	12.94 (541)
Bare soil	0.7 (100)	0.6 (89)	0.5 (67)
Grassland	0.3 (100)	0.1 (51)	0.06 (21)
Mountains and Forests	58 (100)	56.7 (98)	56.7 (98)
Farm and paddy field and Dry feild	37.4 (100)	31 (83)	28.5 (76)

Fig. 9. Land-use change between in 1975, 1990 and in 2000.

때의 상대적 비율을 나타낸 것이다. 가장 많이 감소한 것은 초지로 지난 25년간 79% 감소하였으며, 그 다음으로 나대지로 33%, 혼합농경지는 24% 감소하였다. 이에 반해 인공구조물로 이루어진 도시지역은 지난 25년간 5배 확대되었다는 것을 확인할 수 있었다. 초지와 나대지, 혼합농경지의 면적 감소는 도시지역의 확대에 기인한다.

3.2. 대기 · 열오염 분포도

3.2.1. 대기오염물질배출량

대기오염물질배출량 분포도(Fig. 10)는 대기정책지원 시스템(CAPSS)에서 구축한 2006년도 격자별 대기오

염물질배출량 자료를 이용하여 점 · 선 · 면오염원 각각에 대하여 나타낸 것이다. 점오염원의 경우는 대구에서 가장 큰 산업단지인 성서공단이 위치한 달서구에서 가장 높은 배출량을 나타냈으며, 다음으로 서대구공단과 3공단, 달성공단 순이었다. 면오염원의 경우는 난방연료의 연소시 많이 발생하기 때문에 대단위 아파트 단지가 밀집되어 있는 달서구, 남구, 서구 순으로 높게 나타났다. 선오염원의 경우는 고속도로 분기점(성서인터체인지와 남대구 인터체인지)이 위치한 달서구가 가장 높은 배출량을 보였으며, 다음으로 넓은 도로와 유동인구가 많은 수성구와 북구가 다음 순이었다.

Fig. 10. Spatial distribution of total air pollutants emitted from each(area, line, point) sources in Daegu(Unit : ton/year).

3.2.2. 인공열 배출량

대구지역에서의 열오염도를 파악하기 위한 인공열 배출량은 1:1000 수치지형도와 에너지 총 조사보고서(1998)를 이용하여 산정하였다(안 등, 2002). 시범적으로 배출량을 산정해 본 결과, 대구지역에서 추정된 연평균 인공열 배출량은 약 6.7 W/m^2 로 산정되었으며, 이를 좀 더 자세히 살펴보기 위하여 구별 배출현황(Fig. 11)을 제시하였다. Fig. 11을 살펴보면 도심지역인 중구에서 약 23.2 W/m^2 로 가장 높고, 서구와 남구가 각각 15.8 W/m^2 , 13.2 W/m^2 로 뒤를 이었으며, 북구와 동구는 각각 5.5 W/m^2 , 3.3 W/m^2 로 낮게 추정되었다.

Fig. 11. Annual mean anthropogenic heat flux each area.

3.3. 열환경분포도

대구지역의 지표면 피복조건에 따른 계절별 지표면 온도 변화를 파악하기 위한 열환경분포도는 NASA (National Aeronautics and Space Administration)에서 제공하는 MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) 위성영상 자료를 이용하였다. 본 연구에서는 시범적으로 2005년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년간 자료 중에서 계절별로 하루 중 정오(Table 2)의 대구지역 열환경분포도를 제시하였다(Fig. 12).

Table 2. Observation times of MODIS data used in this study

Season	Date	Time
Spring	2005.04.23	11:50
Summer	2005.08.28	11:05
Fall	2005.10.24	11:00
Winter	2005.11.25	11:00

봄철의 지표면 온도는 상업지역인 중구와 공업단지가 위치한 달서구에서 $28 \sim 29^\circ\text{C}$ 로 동구와 달성군의 산림지역에 비해서 $12 \sim 13^\circ\text{C}$ 높게 나타났으며, 여름철에는 도시 전체에서 높은 지표면 온도를 나타내어 관측시간대가 오전 11시경임에도 불구하고 공업지역인 북구, 달서구, 서구에서 $38 \sim 41^\circ\text{C}$ 에 이르렀으며, 중구에서도 37°C 로 산림지대로 이루어진 동구와 달성군에 비해 $14 \sim 17^\circ\text{C}$ 정도 높았다. 이는 여름 한낮 아파트 단지 내 아스팔트 표면온도가 50°C 를 나타낼 때, 잔디면은 25°C 내외로 관측되었다는 김 등(2003)의 결과와도 잘 부합되는 것으로 판단된다. 가을철에는 공업단지가 위치한 달서구 지역의 지표면 온도가 25°C 로 가장 높았고, 상업지역인 중구에서는 22°C 를 나타내었다. 또 아파트단지와 주택이 밀집되어 있으면서 녹지의 비율도 높은 수성구, 동구 및 달서구 지역의 지표면 온도는 $15 \sim 17^\circ\text{C}$ 를 나타내었다. 겨울철에는 전체적으로 낮은 온도를 나타내어 공업지역이 14°C , 산림지역은 9°C , 주거지역은 12°C 로 나타나 다른 계절에 비하여 지표면 조건에 따른 온도차가 작았다.

지표면 조건에 따라서 낮에 지나친 고온이 되는 지역뿐만 아니라, 큰 열용량(heat capacity)을 갖는 지표는 여름철 야간에 열대야를 유발하여 도시의 환경쾌적성을 낮추는 역할을 한다. 이러한 이유로 독일에서는 지표면 조건에 따른 하루 중 온도변화특성을 파악하여 환경친화적 도시계획의 수립에 활용하고 있으며, 이를 열환경 평가도라고 부른다(Kata schner 등, 1988).

3.4. 대구지역의 국지순환풍의 경로 분석

수치실험 과정은 도시환경기후지도 작성 단계에서 대기오염을 저감시키고 도시의 열적 쾌적성을 향상시킬 수 있는 하나의 방법으로서 바람통로 정도를 도출하고 활용하기 위해서 수행하는 과정이다. 여기서는 도시환경기후지도 작성과정에 있어 수치실험을 통해 어떠한 결과가 도출되는지를 소개하는 것이 주된 목적이다. 따라서 수치모의 과정 및 결과에 대한 상세한 분석 및 논의는 본 연구의 주된 주제가 아니므로 수치모의 과정 및 결과분석 과정은 간략히 소개하고자 한다.

Fig. 12. Distribution of land surface temperature(°C) for each season at Daegu in 2005.

본 연구에서는 시범적으로, 일반풍이 약하여 대구 각 지역에서의 국지풍 생성이 활발해 질 수 있는 사례 일을 대상으로 대구지역 전반의 국지풍 순환구조를 간단히 분석하였다.

3.4.1. 모델의 개요

3.4.1.1. 수치실험모형

본 연구에서 사용된 수치모형은 상용의 지역규모의 대기순환모형인 RAMS(Regional Atmospheric Modeling System)이다. 이모형은 Pielke 등(1992)에 의해 개발되었는데, 모델의 개요를 Table 3에 제시하였다.

Table 3. Basic features of the numerical simulation model

Basic equations	Non-hydrostatic Reynolds-averaged primitive equation
Grid structure	Standard C grid(Mesinger and Arakawa, 1976)
Vertical coordinate	Terrain-following system (Gal-Chen and Somerville, 1975)
Map Projection	Polar-Stereo graphic projection
Advection	Leapfrog-type schemes and forward-upstream scheme (Tremback, 1987)
Turbulent Kinetic Energy parameterization	Mellor and Yamada(1982) level 2.5 scheme Deardorff(1980) scheme
Surface layer fluxes	Louis(1979)

기상조건에 대한 초기조건자료는 NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research) 재분석자료의 매 6 시간 값을 사용하였다. 이로부터 총 60시간에 걸쳐서 수치적분을 수행하여 대구지역의 국지적 대기순환장을 분석하였으며, 수치모형의 결과는 대구지역에 설치되어 있는 9개의 자동기상관측망(Fig. 13)의 바람관측 자료와 비교하였다.

Fig. 13. Location of wind observing sites in Daegu. The numbers are index of sites: 1. Keimyung, 2. Hwawon, 3. Dowon, 4. Gamsam, 5. Seogu, 6. Pyungri, 7. Namgu, 8. Sadae, 9. Daegu.

3.4.1.2. 계산영역과 경계조건

수치모의 대상영역(Fig. 14)은 중심 좌표를 북위 35.8°, 동경 128.6°로 하여 성진 격자의 경우 격자간격을 5 km로 하여 동서방향 210 km, 남북방향 210 km로 두어 각각 42개의 격자점으로 나타냈으며, 연직 격자는 총 30층으로 구성하였다. 이는 대상지역인 대구지역 뿐만 아니라 주변 연안지역인 포항과 동해안이 포함되어 있어 주변지역의 지형 및 지리적 영향을 자세히 살펴볼 수 있는 범위이다. 상세격자영역은 격자간격을 1 km로 하여 동서방향과 남북방향을 모두 52 km로 두었으며, 연직격자는 성진 격자와 같이 30층으로 두었다. 이는 대구지역 국지풍 형성이 고려되어지는 팔공산 및 비슬산(앞산)을 모두 포함하고 있으며, 바람의 유출이 예상되는 현풍지역도 포함되어 있다. 시간적분간격은 30초로 설정하였다. 측면경계조건은 복사경계조건(Orlanski, 1976)을 사용하였다. 상층경계조건은 상층으로 전파되는 내부중력파를 효과적으로 흡수할 수 있도록 하기 위하여 중력파복사조건(Klemp 등, 1978)을 사용하였다. 한편 수치모형 내에 포함되는 해양의 해수면온도는 전 세계 5월의 월평균 해수면온도 평년치(Reynolds 등, 1994)를 사용하였다.

Fig. 14. Calculation region of domain (a) coarse grid (GRID I) (b) fine grid (GRID II), respectively.

3.4.2. 수치실험결과

Fig. 15는 지상(z^*) 15 m 고도에서의 수평바람장을 나타내었다. 수치모의는 2003년 5월 10일 0900LST부터 5월 12일 2100LST까지 총 60시간 수행되었으나, 대구지역의 낮과 야간의 국지풍순환을 명확히 볼 수 있는 5월 11일 0900LST이후부터 18시간 동안에 얻어진 자료를 6시간 간격으로 제시하였다.

일출 이후인 0900LST(Fig. 15(a))에는 저지대에서 산지로 바람이 부는 곡풍이 형성되고, 대구의 남서방향의 교외에 위치한 현풍지역에서는 여전히 대구 시내

에서 교외로의 유출이 존재하나 바람 자체는 약함을 확인할 수 있다. Fig. 15(b)에서 낮 동안에 발달하는 국지순환의 특성을 볼 수가 있다. 대구의 동쪽 교외 지역으로부터 유입되는 기류는 대구의 북쪽에 위치한 팔공산의 팔거천(A)과 앞산의 신천(B)을 따라 가창골(신천에서 남쪽으로 형성되어 있는 계곡)로 곡풍의 형태로 유출되고 있는 것을 확인할 수 있다. 대구의 서쪽 지역에서는 낙동강과 경작지로 이루어진 교외지역인 현풍지역에서 대구 최대의 산업단지(성서산업단지)인 달서구 지역으로 교외풍이 유입되는데, 유입된 기류는 앞산자락인 청량산 일대에 발달한 도원지(C) 등의 계곡을 따라서 곡풍의 형태로 유출되고 있다. 아울러 성서산업단지(D)에서는 주변에 위치한 산지로 계곡풍의 형태로 지상풍이 유출되어 발산역이 형성되는 것을 볼 수가 있다. 2100LST(Fig. 15(c))에는 앞산에 위치한 거대 계곡인 신천과 팔공산의 팔거천을 따라서 산풍이 저지대로 유출되는 모습을 볼 수 있고, 이보다는 계곡의 규모가 작은 청량산에 위치한 도원지 계곡과 팔공산의 서쪽에 위치한 이연천(E)을 따라서도 산풍이 유출되는 것을 확인할 수 있다.

12일 0300LST(Fig. 15(d))에 산풍의 저지대로의 유출과 평지에서의 이동과정을 가장 명확히 볼 수 있었다. 경산의 남천계곡(F)을 따라서 저지대로 유출된 산풍과 신천을 따라서 유출된 산풍이 일부는 팔공산의 동화천(G) 방향으로 흘러가고, 나머지는 대구의 저지대인 서쪽 지역으로 이동해가는 것을 확인할 수 있다. 그리고 팔공산의 팔거천과 이연천을 따라서 저지대로 유출되는 산풍도 앞산에서 유출된 산풍과 합류하여 대구의 서쪽지역으로 이동하여 결국 대구의 남서방향의 교외지역인 현풍지역으로 유출되고 있다. 아울러, 도원지에서 유출된 산풍도 대구의 동쪽에서 이동해온 국지풍과 합류하여 현풍지역으로 유출되어 가는 것이 모의되었다.

3.4.3. 수치실험 결과검증

수치실험에서 도출된 수평바람장 정보의 타당성을 검증하기 위하여 Fig. 16~17에 대구지역에 설치된 9개 지점의 자동기상관측망에서 관측결과와 수치실험 결과를 비교하여 제시하였다. Fig. 16~17에 표시된 붉은색의 화살표는 관측결과를 나타낸 것이다. 5월 11

Fig. 15. Distributions of simulated wind field(unit: m/s) on (a) 0900LST, (b) 1500LST, (c) 2100LST and (d) 0300LST 11-12 May, respectively. A-F indicate major points related to wind ventilation lane.

Fig. 16. Comparison of the observed with calculated wind field on 1500LST 11 May.

Fig. 17. Comparison of the observed with calculated wind field on 0300LST 12 May.

일 15시(Fig. 16)의 결과를 살펴보면, 수치실험결과와 관측결과 모두 대체로 저지대에서 산지로 부는 곡풍의 풍향을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 5월 12일 03시(Fig. 17)을 살펴보면 수치실험결과와 관측결과 모두 산지에서 평지로 향하는 산풍과 대구의 고지대인 동쪽에서 저지대인 서쪽으로 향하는 바람이 관측되었음을 알 수 있다. 이로부터 수치모의실험에서 얻은 국지바람장의 경향성이 관측에서 나타난 실

제 바람과 상당히 유사한 경향성을 보이고 있음을 알 수 있었다. 이상의 과정 및 결과에 대한 상세한 분석 및 논의는 실제 도시기후환경지도 제작 과정에서 심도 깊게 분석되고 논의되어야 한다.

3.5. Advice map

기후해석과정, 토지이용도, 대기오염·열오염분포도, 열환경도 등 이상 5개 과정에서 얻어진 정보를 통합하여, 국지기후에 미치는 영향에 따라 지역을 구분하였다. 지역구분을 잘 하기위한 방법이 기후기능분석지도(Climatope mapping)이다(Fig. 18). 이것은 Biotope에 가까운 개념으로 “일정한 미기상학적 특징(기온, 습도, 풍속 등)을 나타내는 한 덩어리의 공간”으로 이해할 수 있다. “Climatope mapping”의 종류로서는, 삼림, 녹지공원, 정원이 붙어있는 독립주택, 중심시가지, 공업지역, 상업지역 등이 있다. 지역구분의 결과는 기후기능분석 지도로 정리된다.

이러한 기후기능분석 지도를 기초로 하여, 지역마다 향후의 도시계획 처방전이 제시되어지는데, 이것이 “도시계획에의 advice map”이다. advice map은 “인근의 거주 지역에 있어서 지역적인 기후보전기능이 높아 개발로부터 지켜져야 할 녹지”라든가 “우선 좀 더 개발하여도 기후와 대기오염에 관해서 영향이 적다고 판단되는 시가지” 등을 자세히 기술하여 제시하는 것이다.

Fig. 18. Climatope mapping in Daegu.

3.5.1. 도심부지역(A)

도심부 지역의 기후환경의 특징은 낮과 밤의 기온이 모두 다른 지역에 비하여 높다는 것이다. 이러한 기후형성의 가장 큰 원인은 이 지역에 밀집되어 있는 고층의 주거·상가건물과 상시적 정체를 보일 정도로 많은 교통량으로 인하여 인공열과 대기오염물질의 배출량의 발생이 많다는 것이다. 뿐만 아니라, 콘크리트와 아스팔트 등으로 덮여있는 면적이 넓기 때문에, 낮과 밤에 걸쳐서 지속적으로 대기가 가열을 받는다.

반면에 이 지역에는 도시열섬을 완화시켜 줄 수 있는 넓은 면적의 도심공원(국채보상공원, 경상감영공원, 달성공원 등)이 점재(點在)하고 있지만, 잔디와 수목의 면적이 좁고 콘크리트 포장면적이 넓어 열흡수 기능이 미약한 것으로 판단된다. 인공위성 자료를 이용하여 이들 공원의 지표면 온도를 조사해 보면, 주변지역에 비하여 0.5~1.5℃ 정도 낮은 것으로 평가된다. 그렇지만 이 정도의 지표면온도 차이로는 기온을 낮추어 주는 효과를 발휘할 수가 없을 뿐만 아니라, 위성자료를 이용한 열섬포텐셜 평가연구에 의하면 낮 동안에는 공원의 지표면온도가 기온보다 훨씬 높아서 이 지역의 기온을 상승시키는 역할을 하고 있는 것으로 평가되었다.

따라서 도시녹화를 통하여 도심지역의 기온을 낮추기 위해서는 기존의 도심공원을 수목으로 그늘이 우거지도록 하여야 하며, 이 지역에 있는 저층의 주거단지(삼덕동 일대)에 옥상녹화를 추진할 필요가 있다. 나아가서 이들 주거단지에 주차타워를 설치하여 골목 주차차량을 철수시키고, 이곳에 가로수를 식재하여 나무그늘을 창출하는 것도 효과적인 방법이 될 것으로 판단된다.

인공열과 대기오염물질의 배출량을 낮추기 위해서는 현재 대구역에서 반월당까지의 직선구간에 승용차 진입을 제한한 것과 같이 중앙로와 동성로 일대를 포함한 핵심적 도심지역 내로는 승용차의 진입을 규제하는 조치를 고려해보아야 할 것이다. 그리고 여름철 냉방기에서 배출되는 열을 냉각수를 이용해서 회수하여 교외로 배출하는 도시배열처리 시스템의 도입을 적극적으로 검토할 필요성이 있을 것이다.

3.5.2. 북동부지역(B)

이 지역은 팔공산의 동화천, 팔거천을 포함한 계곡을 중심으로 발달하는 산곡풍의 영향을 크게 받고 있으면서도 인공열과 대기오염물질배출량이 적고, 아스팔트와 콘크리트 포장면적도 넓지 않아서 대구 지역에서 상대적으로 쾌적한 기후환경이 보전되어 있는 지역이다. 특히 야간에는 팔공산에서 야간복사 냉각을 통해서 형성된 대규모의 저온의 청정한 산풍이 이들 계곡을 따라서 내려와 주거단지가 위치해 있는 저지대에 광범위하게 영향을 미친다. 이로 인하여 이 지역은 야간 기온이 다른 지역보다 낮게 나타난다. 반면에 낮에는 이들 계곡을 따라서 산정을 향해서 부는 곡풍이 발달하기 때문에 낮 기온은 그다지 낮지 않다.

팔거천의 상류에는 공공기관과 학교가 저밀도로 위치해 있어 도시열섬을 유발하는 효과가 작지만, 중하류에는 칠곡 신도시가 팽창일로에 있어 이 지역의 도시기후환경 악화가 우려되고 있다. 동화천의 경우에도 하류 쪽에 율하와 동서변지역에 대규모로 택지가 개발되고 있으며 불로동 지역에는 부무 산업단지가 개발되고 있다. 이들 지역은 여름철 야간에 저온의 청정한 공기의 유입으로 쾌적한 주거환경을 누릴 수 있는 천혜의 조건을 갖춘 것으로 평가된다. 하지만, 주거단지의 건설에 있어서 무분별한 건물배치로 산풍의 유입을 고려하지 못하고 녹지를 훼손하게 되면 도시열섬화가 발생하여 천혜의 조건을 잃을 가능성이 높다.

바람길의 역할을 하도록 도로를 건설하고, 이들 도로에는 수목의 그늘이 확보되도록 배려하는 것이 가장 중요하다. 그리고 아파트 주거단지도 바람의 순환방향을 고려한 건물배치와 아파트 단지 내에 충분한 녹지를 확보하는 노력이 병행되어야 할 것이다. 팔거천과 동화천은 이 지역 바람길의 중심축이므로, 이곳에 발달하고 있는 주거지역의 기후환경을 보전하기 위해서는 이들 하천에 대한 환경보전을 가장 우선시 하여야 한다.

3.5.3. 시지·만촌·신천지역(C)

이 지역은 대구지역에서 가장 생활하기 좋은 조건을 갖춘 주거 밀집지역이라고 말할 수 있으며, 이 지

역은 자연녹지의 면적이 넓다. 그리고 수치실험의 결과에 의하면, 낮과 밤 모두 교외지역인 경산에서 유입되어 오는 바람의 영향을 많이 받고 있다. 낮 동안에는 경산지역으로부터 교외풍이 발생하여 시지와 만촌동을 지나 신천지역으로 유입되는데, 이렇게 유입된 바람은 신천을 중심축으로 발달하는 곡풍이 되어 주로 가창골로 유출되고, 일부는 팔거천과 동화천을 축으로 팔공산으로도 유출되고 있는 것으로 평가된다. 야간에는 남천을 축으로 유출된 산풍이 신천 근처에까지 유입되면서 이들 지역의 기온을 낮추어 주고, 대기정화 기능을 발휘하는 것으로 평가된다. 하지만 최근에는 이들 지역에 아파트 주거단지와 초·고층의 주상복합건물이 집중적으로 건설되고 있으며, 이 지역에 저온의 청정한 공기를 공급하고 있는 경산지역에도 택지개발이 지속되고 있어 도시열섬화와 대기환경의 악화가 우려되고 있다.

이들 지역이 환경패적성을 보전하면서 주거단지로 발전해 가기 위해서는 자연녹지의 보전과 함께 바람길의 확보를 고려한 도시계획이 추진되어야 한다. 열섬억제 대책에 관한 구체적 대안으로는, 동서로 개통되어 있는 도로가 경산에서 이 지역으로 유입되는 주요 바람의 통로이므로 이곳에 거리가로수를 집중적으로 식재하여 도로에 나무의 그늘을 확보하여야 한다. 이 도로는 폭이 넓어 중앙분리대를 확보하여 그곳에 키가 큰 가로수를 식재함으로써 나무그늘을 적극 확보하여야 한다. 그리고 저층의 주거단지에는 옥상녹화를 추진하여 도심 속의 녹지공간을 적극 확보할 필요가 있다. 또 수성구의 달구벌대로를 중심으로 초·고층 주상복합건물이 들어설 경우에는 이 지역에도 도심지역과 마찬가지로 여름철 냉방기에서 배출되는 열을 냉각수를 이용해서 회수하여 교외로 배출하는 도시배열처리시스템의 도입을 적극적으로 검토할 필요성이 있을 것이다.

3.5.4. 북서부지역(D)

주거인구가 많고, 산업시설과 도로비율(고속도로 포함)이 월등히 높은 이 지역은 대기오염과 인공열의 배출량이 많고, 아스팔트와 콘크리트로 포장된 면적이 넓어 도시환경이 가장 열악한 지역이다. 대구 최대의 산업단지가 위치한 서부지역에서 더욱 이런

경향이 크다. 뿐만 아니라 종관규모의 일반풍이 약하고 맑은 날의 야간에는 팔공산과 앞산에서 생성된 산풍이 도심에서 생성된 열과 오염물질을 금호강을 이 동 축으로 하여 대구의 서쪽 끝으로 수송하기 때문에 금호강이 낙동강과 합류하는 지역을 따라서 환경적으로 더욱 열악해 질 수 있는 지리적 조건에 놓여 있다. 이 지역의 여름철 기후 특징은 일 최고기온과 최저기온이 모두 도심지역에 못지않게 매우 높다는 것이다. 특히 위성자료로 산출된 지표면온도는 도심지역보다도 높은 것으로 평가된다.

이 북서부지역의 도시열섬을 완화하고 대기오염을 저감하기 위한 대책은 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

이들 지역에서 발생하는 환경문제의 원인은 배출량(대기오염과 인공열)이 많고 인공구조물(아스팔트, 콘크리트)의 면적이 넓은 반면에 도시녹지(공원, 가로수 등)와 수면의 면적은 매우 부족하다는 사실과, 대구의 동고서저형 지형구조로 인하여, 서부지역은 도심에서 배출된 대기오염의 유출지가 되고 있다는 점에서 다음의 조치가 필요하다.

첫째로, 발생원의 저감을 고려한 지역발전전략을 수립하여 추진하여야 할 것이다. 대기환경용량을 평가하여 이를 넘어서지 않도록 산업단지, 도로 및 주거단지 확대에 규제조치를 시행할 필요성이 있다. 두 번째로, 대구 최대의 산업단지인 성서산업단지를 고층의 아파트 주거단지가 에워싸듯이 들어서고 있어 이 지역의 대기환기 능력이 현저히 약화되고 있는 실정이다. 이와 같이 성서산업단지에서 관측된 풍속은 연중 대구지방기상대에서 관측된 것보다 훨씬 작다. 이는 성서산업단지를 에워싸고 있는 고층의 아파트 주거단지의 영향이 클 것으로 판단된다. 성서산업단지에 인접한 죽곡과 세천리 일대로 고층의 아파트 주거단지와 산업단지가 대규모로 새롭게 건설되고 있어 이 지역에 대한 대기질과 도시열섬의 악화현상은 향후로 더욱 심화될 것으로 판단된다. 세 번째로, 달성군 다사면 서재리와 세천리 지역은 야간에 동쪽으로부터 금호강을 따라서 도심의 오염된 공기가 유입되는 반면에 북쪽으로부터는 이언천을 따라서 교외의 청정한 공기가 대규모로 유입되고 있기 때문에 이러한 공기흐름 특성을 고려한 주택과 산업단지의 합

리적 배치가 절실히 요구된다. 금호강의 북쪽 지역은 이언천에서 유입되는 공기의 영향을 많이 받아 청정한 대기질을 유지하기에 유리하다. 반면에 금호강의 남쪽 지역과 죽곡지구는 금호강을 따라서 수송되어 온 오염된 공기의 영향을 많이 받을 수 있다. 아울러 다사면 방천리에 조성되어 운영되고 있는 쓰레기 매립장은 이언천이 흐르는 대규모 계곡지역의 바로 남쪽에 위치하기 때문에 이언천으로부터 불어오는 기류가 유입되기에 유리한 지형적 특성을 안고 있다. 이렇게 쓰레기 매립장으로 유입된 기류는 주로 와룡산의 저지대인 동쪽을 넘어 성서지역(경원고등학교 일대)에 악취를 유발하며 대기의 안정도가 낮고 북풍계열의 바람이 불 경우에는 와룡산 자락에 위치한 아파트 주거단지에 광범위하게 악취를 유발할 수 있다. 이러한 배경에서 방천리 쓰레기 매립장의 장기적 사용은 검토의 대상이 되어야 하며, 악취유발을 억제하기 위한 특별한 대책이 필요하다고 판단된다. 네 번째로, 서부지역은 도심부에서 배출된 고온의 열과 대기오염물질의 영향을 많이 받는 지역이기 때문에 도심부에서 배출되는 대기오염물질과 열의 배출이 줄어야 한다. 그리고 도로와 주거공간의 곳곳에 녹지의 비율을 높이는 대책을 추진하여야 한다. 소수의 대규모 공원녹지보다는 소규모라도 산재하여 분포하는 도시녹지가 도시열섬 완화에 더욱 효과적이라는 사실에 입각하여 도시녹지화를 적극 추진하여야 할 것이다. 녹지공간의 확보 대책으로는 저층 건물단지에 대한 집단적 옥상녹화, 6차선 이상의 도로에는 중앙 분리대를 설치하고 이곳에 나무를 심어 도로에 나무그늘을 확보하는 것이 매우 효율적일 것이다.

3.5.5. 남서부지역(E)

이 지역은 앞산의 달비굴, 도원지, 대곡 및 명곡지에서 발달하는 산곡풍의 영향을 많이 받기 때문에 하루 중의 온도변화(일교차)가 다른 지역에 비하여 크다. 야간에는 앞산에서 야간복사냉각을 통해서 형성된 대규모의 저온의 청정한 산풍이 이들 계곡을 따라서 내려와 주거단지가 발달해 있는 저지대에 광범위하게 영향을 미친다. 이로 인하여 이 지역은 야간 기온이 다른 지역보다 낮게 나타난다. 반면에 낮에는 이들 계곡을 따라 산풍을 향해서 부는 곡풍이 성서산

업단지와 인근의 주거단지로부터 열과 대기오염물질을 운반해 오기 때문에 고온이 나타난다.

이 지역의 도시열섬 억제를 위해서는 산곡풍의 순환통로(바람길)를 보전할 수 있도록 도시계획을 수립하는 것이 가장 중요하다. 아울러 주간에 고온이 나타나는 것은 성서산업단지와 월성, 월배, 진천, 상인지역의 주거 밀집지역과 도로에서 배출되는 인공열과 인공구조물에 의한 지면고온화에 주로 기인하므로 이를 억제할 수 있도록 도시계획을 추진하여야 한다. 이 남서부 지역은 현재 월성, 월배를 포함한 전 지역에 걸쳐서 대규모의 아파트 주거단지가 건설되고 있어 기존의 아파트 주거단지의 낮 기온을 상승시키게 될 것으로 판단된다.

새롭게 아파트 주거단지가 만들어지고 있는 지역은 앞산에서 내려오는 야간 산풍이 지나는 바람길을 적극 확보하지 않으면 낮뿐만 아니라 야간에도 고온 현상이 나타나 주거쾌적성이 낮아질 것으로 예상된다.

산곡풍이 발달하는 계곡방향으로 바람길을 확보하고, 이곳에 집중적으로 녹지를 조성하여야 하며, 재개발 지구에 녹지화 비율을 대폭적으로 확보하도록 대책을 수립하여 추진하여야 할 것이다.

4. 결 론

도시지역의 대기환경을 보전하기 위해서는 대기오염물질의 발생원관리 뿐만 아니라 바람의 순환특성을 포함한 자연 지리적 특성을 고려한 도시공간의 창출이 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 대구의 기후 및 환경적 특성을 파악하고 이를 기초로 하여 환경친화적 도시계획에 필요한 도시환경기후지도와 도시계획에의 “advice map”을 제안할 수 있었다.

대구시는 우리나라의 산업화와 도시화가 본격적으로 시작된 1960년대 이래로 도시면적(아스팔트와 콘크리트로 포장된 면적)이 5배 이상 증가하였다. 반면에 농경지의 면적이 대폭 축소되었다. 위성자료를 통해 열환경을 분석한 결과 인공구조물로 포장된 곳과 농경지간의 표면온도는 하계 낮에는 그 차이가 10~20℃에 이르는 것을 알 수 있었다. 또 도심의 열섬화를 억제할 수 있는 공원은 수목이 차지하는 면적이 좁고 공원내

부가 콘크리트로 포장된 면적이 넓어 열 흡수원으로 서의 역할을 거의 수행하고 있지 못하는 것으로 평가되었다.

대구는 남쪽과 북쪽에 앞산과 팔공산이 위치하고 동서간에는 동고서저의 지형으로 이루어져 있기 때문에 야간에는 남쪽과 북쪽의 산지에서 유출된 산풍이 도심을 지나면서 열과 대기오염물질을 서쪽으로 수송하고 있음이 수치실험과 자동기상관측망 자료의 분석을 통해서 확인되었다. 서쪽지역은 대구에서 환경적으로 가장 열악한 위치에 있을 뿐만 아니라 대구의 산업시설과 환경기초시설의 대부분이 위치해 있으며, 이곳 산업시설을 병풍처럼 에워싸면서 건설되고 있는 대규모 주택단지에 주거인구가 밀집해 있어 환경의 열악성은 더욱 심각화 되고 있는 것으로 보인다.

대구의 대표적인 산풍의 유출구간으로 보이는 앞산과 팔공산의 계곡에서 발원하는 하천지대를 따라서 새로이 대규모 택지가 개발되고 있다. 이들 지역은 산곡풍순환이 발달해 있어 대기환기 능력이 뛰어나 환경쾌적성이 높다. 종관규모의 일반풍이 약하고 맑아 열대야의 출현이 쉬운 여름철 야간에도 이들 지역에는 산지에서 복사냉각으로 형성된 저온의 청정한 산풍이 유입되어 쾌적한 환경이 형성될 수 있다. 하지만 이들 신 택지개발지구가 바람길의 고려와 자연녹지의 보전을 고려하지 않고 개발된다면 자연이 주는 천혜의 혜택을 잃어버릴 우려가 크다. 이러한 기후·환경적 특성이 도시계획에 제대로 반영되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 대구경북연구원의 지원을 받아 수행되었습니다. 재정지원을 해 주신 대구경북연구원 관계자 여러분에게 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

안원식, 박명희, 정우식, 김해동, 2010, 대구 도심에서 고층주상복합단지 건설 전후의 국지기후환경 변화에

- 사례 연구, 정기학술발표회, 한국환경과학회, 74-76.
 日本学術会議, 2003, ヒートアイランド現象の解明に当たって建築・都市環境学からの提言, 日本.
 Ahn, J. S., Kim, H. D., Hong, J. H., 2002, Estimate of the Temporal and Spatial Distribution of Anthropogenic Heat in Daegu., Journal of the Environmental Sciences, 11(10), 1045-1054.
 Daegu metropolitan city, 2009, White Paper of Environment.
 Kataschner, L., Kassel, G., 1998, Urban Redevelopment under Construction of Climatological Aspects, Environmental Meteorology, Kluwer Academic Publishers, 416-472.
 Kim, H. D., Lee, S. O., Koo, H. S., 2003, On the Warming Effects due to Artificial Constructions in a Large Housing Complex, Journal of the Environmental Sciences, 12(7), 705-713.
 Klemp, J. B., Wilhelmson, R. B., 1978, The simulation of three-dimensional convective storm dynamics, Journal of Atmospheric Sciences, 35, 1070-1096.
 Koo, H. S., Kim, H. D., 2004, Numerical Simulation on the Wind Ventilation Lane and Air Pollutants Transport due to Local Circulation Winds in Daegu Districts, Journal of the Earth Science Society, 25(6), 418-427.
 Moriyama, M., Takebayashi, H., 1998, Climate Analysis for Urban Planning in Kobe, Report of Research Center for Urban Safety and Security Kobe University, 53-62.
 Orlanski, I., 1976, A simple boundary condition for unbounded hyperbolic flows, Journal of Computational Physics, 21, 251-269.
 Pielke, R. A., Cotton, W. R., Walko, R. L., Tremback, C. J., Lyons, W. A., Grasso, L. D., Nicholls, M. E., Moran, M. D., Wesley, D. A., Lee, T. J., Copeland, J. H., 1992, A comprehensive meteorological modeling system-RAMS, Meteorological and Atmospheric physics, 49, 69-91.
 Reynolds, R. W., Smith, T. M., 1994, Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation, Journal of Climate, 7, 929-948.