

연구논문

도시개발에 따른 국지 바람장 분석

송 동 웅

상지대학교 환경공학과

(2010년 10월 25일 접수, 2011년 2월 10일 승인)

An Analysis of Local Wind Field based on Urban Development

Dong Woong Song

Department of Environmental Engineering, Sangji University

(Manuscript received 25 October 2010; accepted 10 February 2011)

Abstract

A numerical study with Envi-met model is experimented to investigate the characteristics of wind pattern in Gangwon innovation city. In all case, most conditions such as wind speed, temperature, and surface are considered as the same, but wind direction is the only different factor. The wind directions considered in this study have a meaning of prevailing wind direction. When the prevailing wind with the direction of 247° blows into the city, the ventilation passage toward the outside of city is formed and the stagnation of air is not expressed. In case of having the direction of 270° , most evident ventilation passages are composed. When the inflow wind direction is the north, 0° , there is some possibility of stagnation phenomenon. The case where the representative wind direction of three kind will flow with development, in compliance with the building is caused by with screening effect of some and shows a true stagnation phenomenon, wishes in the park and flowing water and the greens area to be for a long time formed and the wind direction is maintained.

Keywords : Envi-met, Prevailing Wind, Ventilation Passage, Wind Field

1. 서 론

최근 수십년동안 서울을 비롯한 수도권역으로의 인구집중과 함께 지방에서도 대도시인 지역거점도시를 중심으로 인구 집중 현상이 함께 나타났으며 그에 따른 급격한 도시화로 인해 도시기후의 악화와

대기오염의 증가를 초래하고 있다. 그러나 과거와는 달리 국민의 인식 속에 양적 팽창과 양적 만족에서 벗어나 질적으로 향상된 생활을 하고 싶다는 '참살이(well-being)'를 추구, 보다 안정적인 주거환경을 추구하는 등 삶의 질적인 향상에 큰 관심을 가지고 있으며 또한 건물을 지을 때도 건물이 주변 환경

(통풍환경, 조망권, 일조권 등)에 미치는 영향을 고려하고 있다. 특히 대단위 주택단지나 공업단지를 조성할 경우에 기후의 지역적인 특성을 고려한 단지의 설계를 통해 바람길을 확보하는 등 주거환경의 최적화를 도모하고 있다.

그러나 그동안 정부와 민간이 대단위 택지개발사업을 추진하면서 그 지역의 기후조건 및 자연환경등을 충분히 고려하지 못하고 획일적이고 평면적인 단지를 조성함으로써 대도시지역에서 하절기에 발생하는 열섬효과 등의 문제는 도시지역의 대기오염물질의 확산을 저해하는 요인이 되고 있다.

또한 대단위 도시개발시 도로와 고층건물의 배치 등 기류이동을 고려하지 않고 건설하므로써 주위의 오염물질이 풍향 및 풍속에 따라 단지내에 정체하여 건물의 실내로 들어가는 또 다른 실내오염을 야기시킴으로써 도시민의 건강에도 직접적으로 영향을 미치고 있다.

따라서 본 연구에서는 미기상 수치모델인 Envi-met 모델을 활용하여 정부의 지역균형발전을 위하여 추진중인 원주지역의 대단위 도시 개발지역을 대상으로 계획평면도 및 주변 환경여건을 고려하여 열섬효과와 대기오염물질 확산 등을 알아보기 위한

국지 바람장을 상세히 살펴보았다.

II. 연구대상지역

본 연구에서는 강원도 원주시 반곡동 일원의 강원 혁신도시 개발지역을 대상으로 바람장 분석을 수행하였다. 본 연구 대상지역은 지형지세가 낮은 구릉성 지역으로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 서측에 중앙고속도로와 영동고속도로가 위치하고 있으며, 동측으로는 치악산이 그리고 남측으로는 원주천이 위치하고 있다.

대상지역의 총 면적은 3,638,612m²로서 지목별 토지이용 현황은 전체면적 중 임야와 농경지가 81.6%로 대부분을 차지하고 있으며 용도지역 현황은 전체 편입면적의 78.5%인 2,856,000m²가 관리지역으로 지정되어 있고 그 외 도시지역내 녹지지역과 농림지역으로 구성되어 있다.

대상지역은 동고서저의 지형을 나타내며, 해발표고 200m 이하 지역이 전체면적의 약 89.8%를 차지하고 있고 경사도는 15도 이하의 완경사지가 전체면적의 72.6%를 차지하고 있으며, 지구내 북측 임상에서 비교적 가파른 경사를 형성하고 있다.

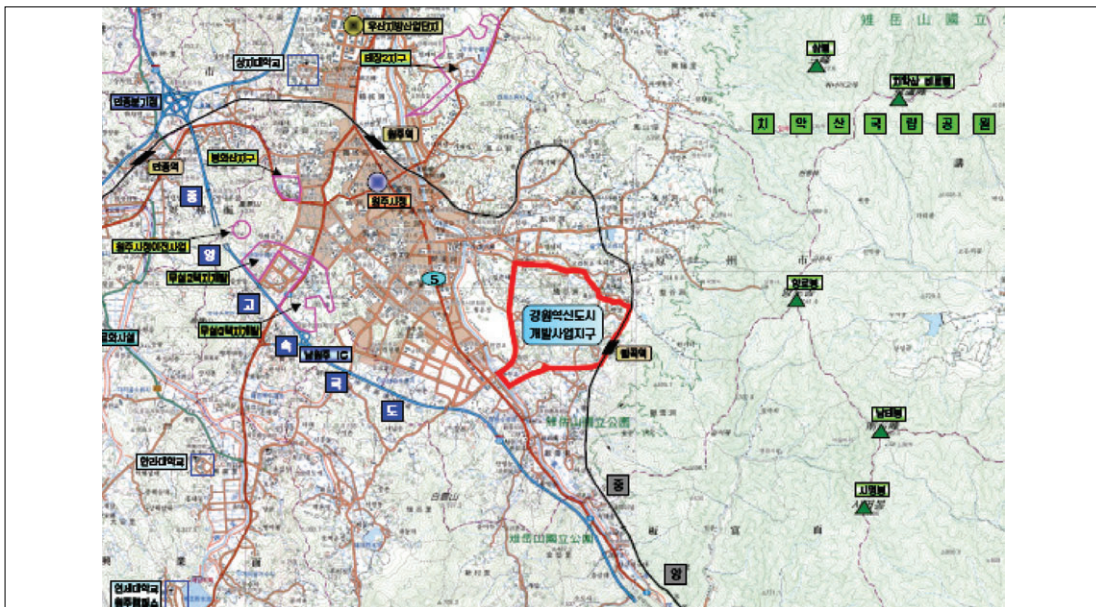


Fig. 1. Study area and surroundings

III. 연구방법

본 연구에 사용된 Envi-met 모델은 독일 Bochum 대학의 Bruse(1998)에 의해 개발되었고, 2004년에 최종 개선된 모델이다. Envi-met 모델의 장점은 도시지역에 있어서의 지면, 건물, 식생, 그리고 대기의 상호작용에 관한 미세규모 모델로서 뚜렷한 미세규모 기상의 패턴을 만들어낸다는 점과 건물의 벽면체 뿐만 아니라 숲과 같은 부드러운 모형도 모사할 수 있다는 점이다.

Envi-met 모델의 구성은 대기모델, 식생모델, 토양모델, 그리고 지면과 건축물에 관한 식으로 이루어져 있는데 이러한 구성적 특성은 공간적으로 넓은 영역보다 좁은 영역에서의 상세한 기상정보를 도출하는데 장점을 가지고 있다. 즉, Envi-met 모델은 미기상에 영향을 미칠 수 있는 물리적 과정에 대한 고려를 구체적으로 하고 있다. 대기모델의 경우, 공기의 평균흐름, 난류과정, 복사과정 등을 구체적으로 고려하여 계산할 수 있으며 토양모델은 지면으로부터 2m 깊이까지 14개 층으로 구성되어 있다. 또한 식생모델에는 열과 수증기의 난류흐름, 기공저항, 잎의 에너지 평형식, 식생/토양 물수지 등이 계산될 수 있도록 구성되어 있다. 또한 지표면과 건축물에 대해서도 이들에 관계된 복사속, 난류속, 열속 등이 자세하게 고려되어 있다.

Envi-met 모델은 기존의 대기유동장 모형과는 다른 사용 환경적 특징을 가지고 있다. 기본적으로 Microsoft PC 운용체제에서 사용이 가능하게 되어 있으며 화면상으로 연구대상지역의 3차원 공간적 구조(전체영역, 격자간격 등) 및 지표면 특성(토지이용도, 식생의 고려 등), 그리고 지형적 조건(해륙의 분포, 지형 경사, 건축물의 배치 및 구성)을 바로 확인하여 화면상에서 쉽게 수정 및 보완과정을 처리할 수 있는 편리함이 있다. 또한 계산 결과는 형식(format)전환 없이 바로 레오나르도(LEONARDO version 3.5Beta) 라는 결과표출 전용 프로그램을 통해 여러가지 물리량에 대한 계산 결과를 가시화하여 확인할 수 있다. 이와 더불어 ASCII 형태로 여러 가지 물리량에 관한 시, 공간적 결과를 도출할

수 있다. 이는 사용자의 연구목적에 따라 결과 파일의 전환 및 재처리 작업에 있어 유용하게 활용될 수 있다.

IV. 바람장 분석

1. 모델링 영역 설정

모델 영역은 동서방향(x방향)과 남북방향(y방향)을 격자 간격 25m로 하여 112격자로 구성하여 동서, 남북으로 2.8km의 범위로 설정하였고 연직방향(z방향)으로는 고도 500m까지 20개 Layer층으로 설정하였다. 부지 건설에 따른 토지이용 유형별 계획도에 따라 건물을 구성하였으며, 건물의 높이를 입력하여 실제 사업지구에 근접하도록 ENVI-MET의 부가 프로그램인 ENVI-MET EDDI를 통해 입력하였으며 건물의 높이는 정확한 설계가 이루어지지 않았으므로 현재 계획상 층수를 이용하여 한 층을 3m로 가정하여 각 건물의 모사영역을 Fig. 2와 같이 구성하였다.

이와 같은 입력자료 구축에 필요한 상세 정보는 Fig. 3에 제시된 계획평면도를 이용하여 도출하였으며, 이를 통해 단지 및 공원, 건물의 높이 및 배치 등을 상세히 적용하였다.

본 연구에서 설정한 Envi-met 모형의 기본적 구

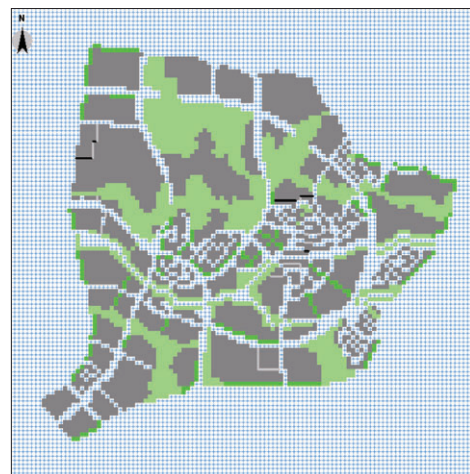


Fig. 2. Surface boundary condition of building and vegetation for Envi-met modeling



Fig. 3. A plane of study area

Table 1. Configurations of Envi-met modeling

DOMAIN	
Area	2,800m × 2,800m × 500m
Mesh	112 × 112 × 20

성조건은 Table 1과 같다.

2. 대상지역 바람장 분석

원주기상대 관측자료를 바탕으로 분석된 연간 바람장미도(Fig. 4)를 보면 서풍과 서남서풍이 주풍향(풍속 0.5m/sec 이상)으로 분석되었으며, 0.5m/sec 미만의 낮은 풍속을 고려했을 경우 북풍의 발생빈

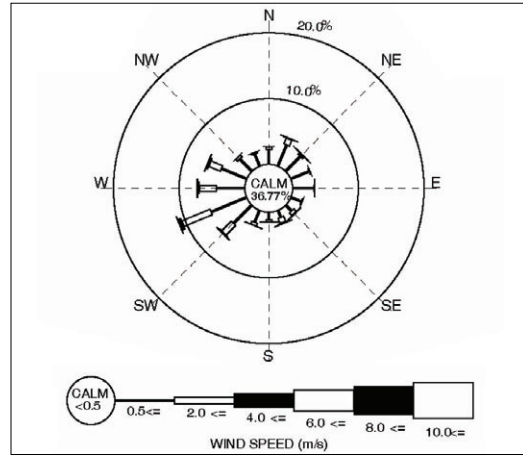


Fig. 4. Wind rose diagram at Wonju

Table 2. Numerical conditions for Envi-met modeling

CASE	WD247	WD270	WD0
Factor			
Wind Direction	247(W/SW)	270(W)	0(N)
Wind Speed	1.2m/s	1.5m/s	0.2m/s

도가 가장 많은 것으로 분석되었다. 따라서 개발지 주변으로도 이와 같은 풍향의 바람이 불어올 가능성이 높다.

이상의 3가지 풍계(Table 2)는 개발지 내의 가장 대표적인 풍계라 볼 수 있으며, 본 연구에서는 이러한 3가지 바람조건에 대한 국지 바람장을 분석하였다.

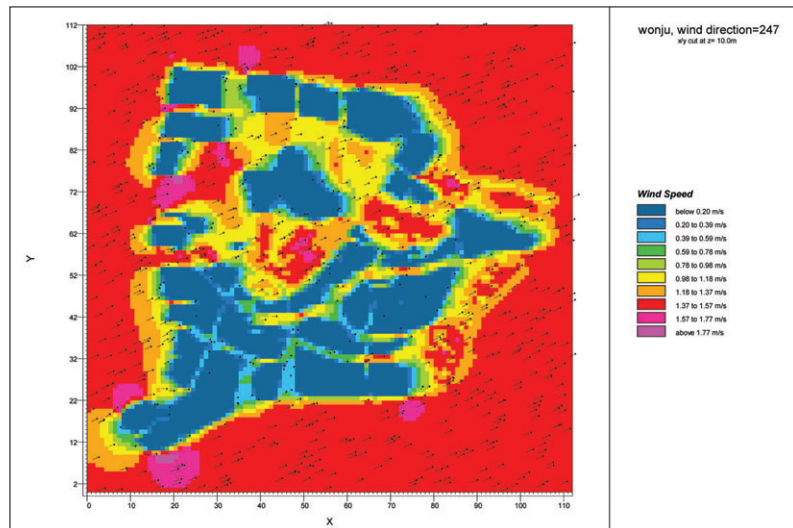


Fig. 5. Distribution of wind vector in study area in case of the WD247 CASE

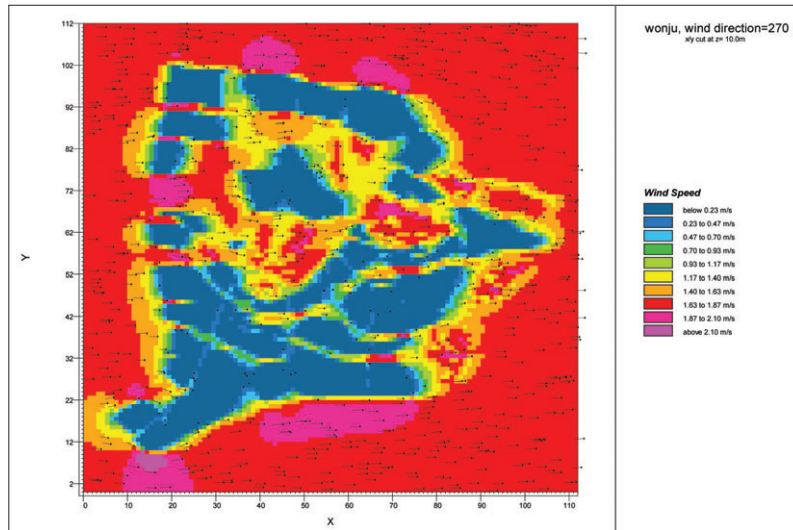


Fig. 6. Distribution of wind vector in study area in case of the WD270 CASE

1) WD247 CASE 바람 특성 분석

여기서는 원주지역 및 개발지의 주풍향이라 할 수 있는 서남서풍계열의 바람이 불어 들어오는 경우에 대한 개발지 내의 바람 특성을 분석하였다. Table 2에 제시한 CASE별 풍속은 지상 10m에서 평균풍속 1.2m/s로 설정하였다.

아래의 Fig. 5에 제시된 계산결과를 보면 건물자체의 차폐효과에 의해 일부 지역에서 0.2m/s ~ 0.6m/s이하의 다소 낮은 풍속대가 형성되어 바람의 정체현상을 나타내고 있으나, 공원 및 유수지 등에서는 바람길이 형성되어 개발지 내에서도 1.0m/s~1.3m/s의 평균풍속이 유지되고 있음을 알 수 있다. 이상의 결과로 볼 때, 247° 방향의 서남서풍계열 바람이 개발지 내로 불어 들어오는 경우에 외부 공기가 개발지 내에서 정체되거나 고립되는 현상은 나타나지 않으며, 진입하는 풍속과 빠져나가는 풍속의 차이는 크지 않았다. 풍향의 경우에서도 대상영역 전체에서 건물에 의해 크게 영향을 받지 않고 서남서풍을 유지하였다. 따라서 오염물질 유입시 환기 통로가 뚜렷이 형성되어 있으므로 대기오염물질의 정체에 따른 고농도 대기오염과 같은 문제는 나타나지 않을 것으로 예상된다.

2) WD270 CASE 바람 특성 분석

여기서는 개발지의 서풍계열의 바람이 불어 들어오는 경우에 대한 개발지 내의 바람 특성을 분석하였다. Table 2에 제시한 CASE별 풍속은 지상 10m에서 평균풍속 1.5m/s로 설정하였다.

아래의 Fig. 6에 제시된 계산결과를 보면 건물자체의 차폐효과에 의해 일부 지역에서 0.2m/s ~ 0.7m/s이하의 다소 낮은 풍속대가 형성되어 바람의 정체현상을 나타내고 있으나, 공원 및 유수지 등에서는 바람길이 형성되어 개발지 내에서도 1.1m/s~2.1m/s의 평균풍속이 유지되고 있음을 알 수 있다. 이상의 결과로 볼 때, 270° 방향의 서풍계열 바람이 개발지 내로 불어 들어오는 경우에 외부 공기가 개발지 내에서 정체되거나 고립되는 현상은 나타나지 않았으며, 진입하는 풍속과 빠져나가는 풍속의 차이는 크지 않았다. 풍향의 경우에서도 대상영역 전체에서 건물에 의해 크게 영향을 받지 않고 서풍을 유지하였다. 따라서 오염물질 유입시 환기 통로가 뚜렷이 형성되어 있으므로 대기오염물질의 정체에 따른 고농도 대기오염과 같은 문제는 나타나지 않을 것으로 예상된다.

3) WDO CASE 바람 특성 분석

여기서는 개발지의 북풍계열의 바람이 불어 들어

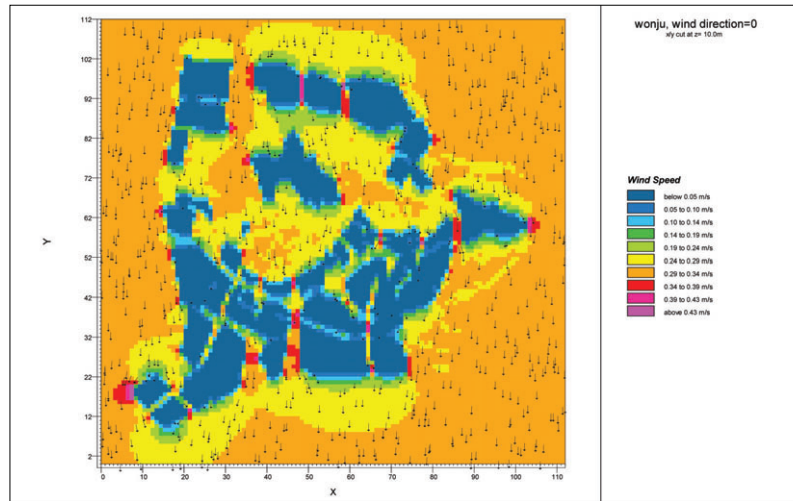


Fig. 7. Distribution of wind vector in study area in case of the WD0 CASE

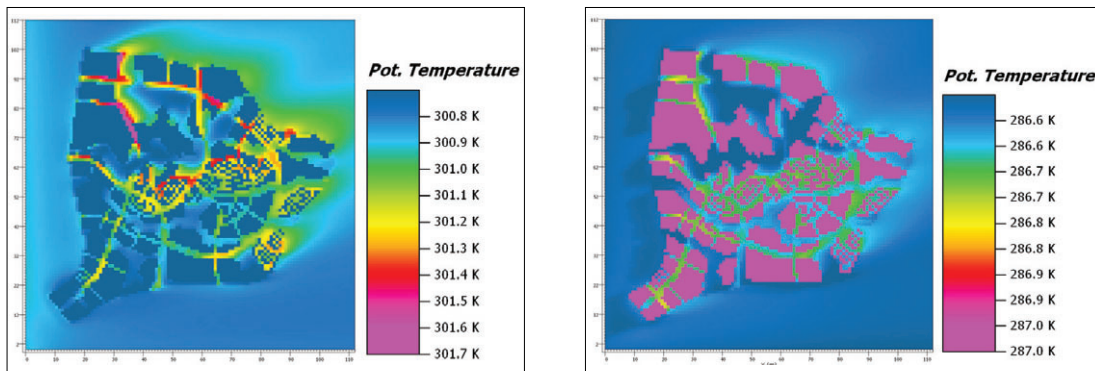


Fig. 8. The surface temperature field simulated by Envi-met model in study area at z=10m in case of WD247(left-day, right-night)

오는 경우에 대한 개발지 내의 바람 특성을 분석하였다. Table 2에 제시한 CASE별 풍속은 지상 10m에서 0.5m/s미만 무풍계열의 바람으로 평균풍속 0.2m/s로 설정하였다.

Fig.7에 제시된 계산결과를 보면 바람이 불어오는 방향에 대해 건물의 뒤편에서는 건물자체의 차폐효과에 의해 다소 낮은 풍속대가 형성되고 있음을 알 수 있으나 전체적으로는 외부 공기가 개발지 내에서 정체되거나 고립되는 현상은 나타나지 않았으며, 진입하는 풍속과 빠져나가는 풍속의 차이는 크지 않았다. 풍향의 경우에서도 대상영역 전체에서 건물에 의해 크게 영향을 받지 않고 북풍을 유지하였다. 따라서 오염물질 유입시 대기오염물질의 정체에 따른 고농도 대기오염과 같은 문제는 나타

나지 않을 것으로 예상된다.

V. 열환경 분석

원주시상대 관측자료를 분석한 결과, 주풍향으로 분석된 3가지 풍계조건에 대해 개발 후 개발지내의 열환경을 주·야간으로 비교분석해 보았다.

1. WD247 CASE 열환경 분석

여기서는 원주지역 및 개발지의 주풍향이라 할 수 있는 서남서풍계열의 경우에 대한 개발지 내의 온도 변화를 분석하였다.

Fig. 8에 제시된 온도 분포 계산결과를 보면 개발지 내 건물의 차폐로 인해 온도대가 형성되는 것을

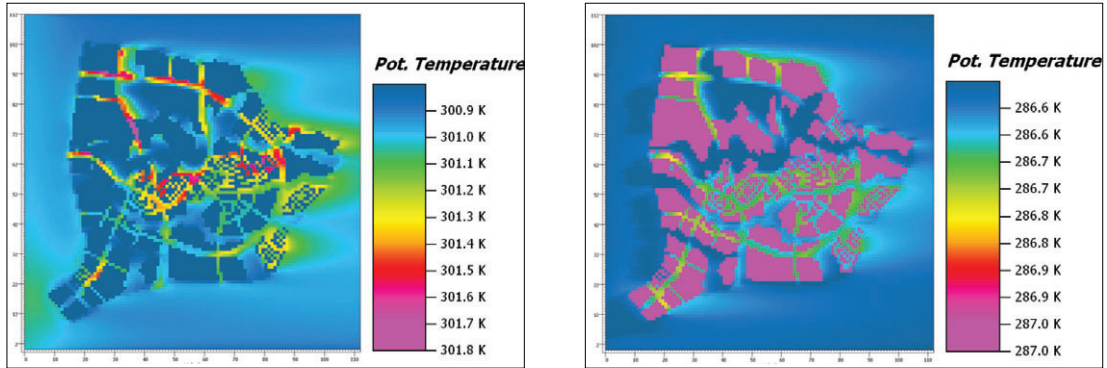


Fig. 9. The surface temperature field simulated by Envi-met model in study area at z=10m in case of WD270(left-day, right-night)

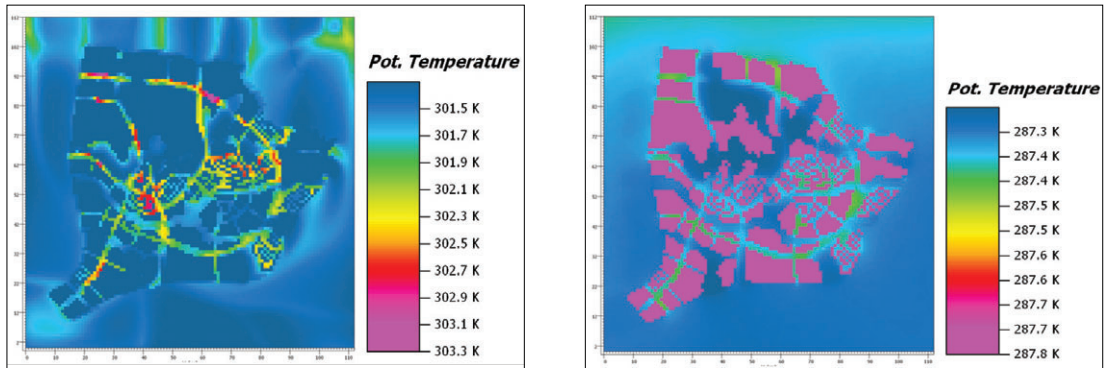


Fig. 10. The surface temperature field simulated by Envi-met model in study area at z=10m in case of WD0(left-day, right-night)

알 수 있으며, 주간은 개발지 내외의 온도차가 0.9℃로 나타났으며, 야간은 0.4℃로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때, 247° 방향의 서남서풍 계열 바람이 개발지 내로 불어 들어오는 경우에 열의 정체로 인한 열섬현상은 미미한 것으로 나타났다.

2. WD270 CASE 열환경 분석

여기서는 원주지역 및 개발지의 주풍향이라 할 수 있는 서풍계열의 경우에 대한 개발지 내의 온도 변화를 분석하였다.

Fig. 9에 제시된 온도 분포 계산결과를 보면 개발지 내 건물의 차폐로 인해 온도대가 형성되는 것을 알 수 있으며, 주간은 개발지 내외의 온도차가 0.9℃로 나타났으며, 야간은 0.4℃로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때, 270° 방향의 서풍 계열 바람이 개발지 내로 불어 들어오는 경우에 열의 정체로 인한 열섬 현상은 미미한 것으로 나타났다.

3. WD0 CASE 열환경 분석

여기서는 개발지의 0.5m/s미만 무풍계열의 바람으로 빈도수가 가장 높은 북풍계열의 바람이 불어 들어오는 경우에 대한 개발지 내의 온도 변화를 분석하였다.

아래의 Fig. 10에 제시된 온도 분포 계산결과를 보면 개발지 내 건물의 배치에 따른 차폐현상으로 인해 온도대가 형성되는 것을 알 수 있으며, 주간은 개발지 내외의 온도차가 1.8℃로 나타났으며, 야간은 0.5℃로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때, 0° 방향의 무풍계열 바람이 개발지 내로 불어 들어오는 경우에 건축 구조물로 인한 유동의 방해와 콘크리트 및 아스팔트로 인한 태양복사에너지의 내부 열원에 의한 열확산의 속도 저하로 개발지 내부에 열이 정체함으로써 특히 주간에 일부 열섬현상이 나타남을 알 수 있었다.

VI. 요약 및 결론

본 연구에서는 강원 혁신도시 개발지역인 원주시 반곡동 일대를 대상으로 도시개발에 따른 단지 내, 외의 바람장과 열환경 변화를 분석하였다. 건물 배치에 따른 단지내 바람과 열환경 특성을 분석하기 위해 본 연구에서는 미기상 수치 모형인 Envi-met를 이용하였다.

바람장 분석의 경우 대상지역에서 빈도가 높은 247°, 270°.0°의 3가지 대표 풍계를 유입 풍향으로 설정하여 분석하였으며 분석 결과, 3가지 모두 건물 차폐 효과에 의해 건물 주변에서 일부 바람의 정체 현상이 나타났으나 공원 및 유수지 등에서는 비교적 바람길이 잘 형성되어 대기오염물질 정체에 따른 대기질 악화 현상은 발생하지 않는 것으로 분석되었다.

열환경 분석의 경우도 3가지 대표 풍계의 조건에서 실시하였으며 분석 결과, 서풍(270°)과 서남서풍(270°)계열의 경우 개발지에서 열의 정체로 인한 열섬 현상은 미미하였으나 미풍인 북풍(0°)계열의 경우 건축 구조물로 인한 유동의 방해와 내부 열원에 의한 열확산 속도의 저하로 주간에 개발지 내외의 온도차가 높게 나타나는 열섬 현상이 나타나는 것으로 분석되었다.

이상의 연구 결과로부터 도시개발에 따른 바람장 분석은 지역적인 특성을 고려한 단지의 설계를 통해 바람길을 확보하고 열섬현상을 방지하는 등 쾌적한 주거환경을 조성하는 데 크게 기여할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2008년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

- 기상청, 1999-2008, 기상연보.
- 박명희, 김해동, 2006, 고층건물에 의한 기류변형과 열환경 변화에 관한 수치 모의, 한국지구과학회, 20, 8-214.
- 박문수, 박순웅, 2000, 복잡한 지형에서 대기 난류의 특성, 한국대기환경학회 학술대회 논문집, 2, 194-196.
- 송창근, 이보람, 정관영, 1998, 3차원 바람장 모델을 이용한 비씨물질의 확산 및 농도 추정, 한국기상학회 학술대회 논문집, 348-350.
- 정우식, 2007, 아파트단지 환기경로 파악을 위한 주풍향별 바람장 분석, 한국환경과학회지, 467-477.
- 주현수, 김석철, 반지영, 최순심, 2006, 도시지역에서의 바람길과 대기질 영향에 관한 연구, 한국환경정책·평가연구원, 35-71.
- 홍정혜, 김유근, 2000, 지표면 변화와 인공열이 바람장에 미치는 영향에 관한 수치 시뮬레이션, 한국대기 환경과학회지, 511-520.
- Bruse M, 1998, Development of a microscale model for the calculation of surface temperatures in structured terrain, MSc Thesis, Inst. Geo. Univ. Bochum.
- Launder B. E. and Spalding D. B., 1974, The numerical computation of turbulent flows, Comp. Methods Appl. Mech. Eng. 3, 269-289.

최종원고채택 11. 02. 28