

도심 하천 복원에 따른 기온 저감 효과 연구

도우곤[†] · 조정구 · 유평종
대기보전과

A study on the air temperature decreasing effects resulting from restoring streams in urban area

Woo-Gon Do[†], Jeong-Gu Cho and Pyung-Jong Yoo
Air Preservation Division

Abstract

This study is implemented to determine the air temperature decreasing effects of restored urban streams by simulation of the meteorological data using MM5/CALMET coupled system. The land use types of before and after restoring 7 streams in urban area is constructed with land cover map from Korea Ministry of Environment. Restoring urban streams causes temperature to be decreased by 2°C as the maximum and the region where temperature is reduced is widely distributed over restored area. Reduction of temperature is increased rapidly from a height of 500 m to a height of 750 m and it reaches approximately 4°C. Natural streams restoration will reduce the built-up area within urban. With this, temperature reductions which are the cause to weaken the urban heat island appear. Relief of urban heat island will help to improve the air quality such as accumulation of air pollutants in within urban area.

Key words : MM5/CALMET, land use, temperature, restored urban stream

서 론

최근 하천의 가치에 대한 인식이 변화하여 도심내부의 하천은 단순히 치수나 이수 문제뿐만이 아니라 환경적, 생태적으로 중요한 가치를 지닌 인간의 생활과 문화에서의 중심적인 역할을 하는 것으로 여겨진다¹⁾. 치수와 공간 활용을 주요 목적으로 하는 복개, 콘크리트 형 하천정비 형태는 식물이나 수생생물이 살기 어려운 하천환경을 조성하고 하천수량의 부족과 하천으로 유입되는 오염물질의 증가 등으로 수질악화의 문제를 야기한다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 최근에 자연형 하천 정비 방법들이 각종 하천 살리기 운동 등과 연계하여 적용되고 있으며 이를 통하여 하천의 다양한 환경적 기능을 복원시킬 수 있는 방향으로 하천 정비 개념이 변화하고 있다.

부산지역에는 국가하천 4개소, 지방하천이 44개소가 있으며 이중 도심에 위치한 16개 하천은 복개가 되어 도로 또는 주차장으로 사용되고 있는 실정이다¹⁾. 도심내부 주요 복개하천 7개소에 대한 보건환경연구원의 수질조사 결과를 살펴보면 모

든 지점에서 오염물질의 유입이 높고 생활 환경기준 VI등급의 매우 나쁨에 해당하는 수질을 나타내어 하천환경 개선이 시급한 것으로 나타나고 있다²⁾. 대표적인 자연형 하천 복원 사업인 온천천 복원 사업이 성공적으로 추진되면서 복개 하천들에 대한 수질문제와 더불어 최근까지 다양한 자연형 하천 복원 계획이 수립되고 있다.

도심내부 하천의 복원은 아스팔트로 이루어진 토지 피복상태를 수역으로 변화시키는 효과가 있다. 일반적으로 토지 피복의 변화는 복사 플럭스의 변화를 야기하며 이로 인하여 도심내부의 기온에 변화를 일으킨다³⁾. 도심내부에 생성되는 녹지나 수역은 인공열 방출이 많은 도심내부에 저온역을 형성하여 도심열섬 해소에 직접적인 효과가 있으며 지표면 마찰속도의 감소로 인한 풍속의 증가 등으로 인하여 대기오염의 확산에도 효과가 있다.

본 연구에서는 자연형 하천 복원사업의 시행에 따른 도심내부의 토지 피복의 변화가 기상조건에 미치는 영향을 온도장 분석을 통하여 살펴보고 하천복원 사업이 수질개선 뿐만 아니

[†]Corresponding author. Email : dou777@korea.kr
Tel : +82-51-888-6816, Fax : +82-51-888-6817

라 도시열섬과 같은 대기질의 개선에도 효과가 있음을 정량적으로 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

대상영역

도심내부 하천복원에 의한 토지 피복의 변화 효과를 살펴보기 위하여 도심 지역에 위치하고 있는 복개 하천 7개소를 연구대상으로 설정하였다. 이들 지점은 부산광역시 보건환경연구원의 수질조사 결과 비교적 열악한 수질 상태를 유지하는 곳으로 상대적으로 하천 복원의 필요성이 높은 지역들로 도심 내부에 인접하여 위치하여 있다. 각 복개 하천들의 위치와 현황은 Fig. 1, Table 1과 같다.

기상장 모델링

토지 피복의 변화가 기상장 변화에 미치는 영향을 정량적으로 파악하기 위하여 본 연구에서는 기상장 모델링을 활용 하였다(Fig. 2). 먼저 부산지역 전체에 걸친 상세 기상장을 생성하기 위하여 중규모 기상모델 MM5를 수행하여 1 km 격자 (54×51)의 상세 기상장을 산출하였다. MM5 모델은 펜실베니아 주립대학교와 미국 기상연구소가 공동으로 개발한 후 지속적으로 개선되어 세계적으로 연구 및 현업에 가장 많이 이용되고 있는 3차원 대기 역학 모델이다. 지형을 따르는 σ 좌표계의 비정수(Non-hydrostatic) 방정식계를 사용하며 Arakawa-Lamb B staggered 격자망으로 구성이 되어있다. 기상분석과 관측자료의 4차원 자료동화(Four-Dimensional Data Assimilation, FDDA)가 가능하며 다중격자방법으로 여러 개의 단방향이나 양방향으로의 동지격자를 사용할 수 있으며, 미시적 물리학에 관련된 여러 방법들을 선택적으로 사용 가능하다.

Table 1. Current states of covered streams which are investigated in this study

| Name | Length(km) | Covering length(km) | Land use |
|-----------------|------------|---------------------|---------------------|
| Bosu stream | 3.8 | 3.8 | Road |
| Choryang stream | 2.3 | 2.3 | Road, Parking place |
| Busan stream | 1.8 | 1.3 | Road, Parking place |
| Bujeon stream | 4.2 | 4.2 | Road, Parking place |
| Jeonpo stream | 2.6 | 2.3 | Road |
| Hakjang stream | 5.4 | 1.0 | Road, Parking place |
| Sajik stream | 4.5 | 4.5 | Road |



Fig. 1. Investigation area and locations of covered streams.

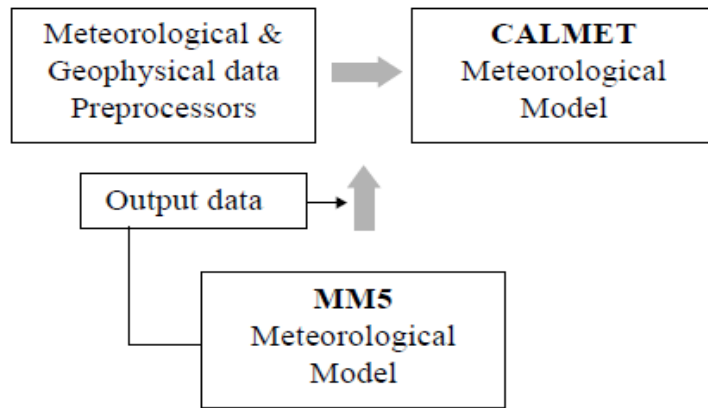


Fig. 2. The flow chart of MM5/CALMET modeling system.

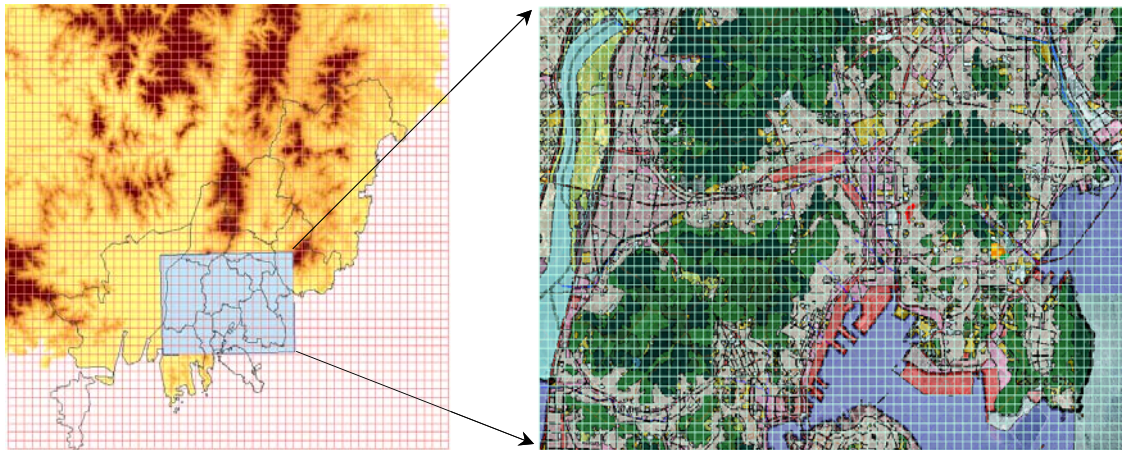


Fig. 3. MM5 domain4(left) and CALMET domain with land use(right). The colors show built-up area(■), agricultural area(■), forested area(■) and water area(■).

본 연구에서는 상대적으로 부족한 기상관측 지점을 보완하기 위하여 MM5 모델을 사용하여 1 km 격자(54×51)에 대한 상세 기상장을 생성하였다. 모델에 입력되는 초기 기상장은 NCEP (National Centers for Environmental Prediction) 에서 제공하는 1도, 6시간 간격의 FNL 분석장을 사용하였고, 부산지역에서 운영중인 기상청 AWS의 기온, 풍향, 풍속자료를 3시간 간격으로 모델에 입력하도록 하여 모델결과를 보정하였다. 모델에 사용되는 지형자료는 USGS의 기본 자료를 그대로 사용하였다.

하천 복원에 따른 토지 피복의 변화효과는 대기확산 모델인 CALPUFF 모델의 기상장 산출 프로그램인 CALMET 사용하여 계산하였다. CALPUFF는 Lagrangian Gaussian Puff 모델로서 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 연기를 잘게 나누어진 연기덩어리(puff)로 배출된다고 가정하고, 이 배출된 연기덩어리가 공간적 해상도를 갖는 바람장을 따라서 이동 및 확산이 이루어질 때의 영향들을 종합적으로 고려하여 농도를

계산하는 모델이다. CALPUFF 모델에서 고려하는 puff를 이동하게 하는 기상조건은 기상장 산출 프로그램인 CALMET을 사용하여 만들어 진다. CALMET는 CALPUFF 모델의 기상장 산출을 위한 진단 기상모델로서 3차원 바람 및 온도장과 2차원의 혼합고, 지표특성, 확산특성을 비교적 짧은 계산시간으로 산출할 수 있다. 본 연구에서는 토지 피복의 변화에 따른 온도장의 변화를 계산하는 데 CALMET 프로그램을 사용하였다. 먼저 중규모 기상모델인 MM5의 상세 기상장 계산결과를 CALMET에 관측자료로 입력하고 환경부 환경지리정보 사이트에서 제공하는 토지피복 분류도를 이용하여 지형정보를 입력하였다⁴⁾. CALMET 모델은 Fig. 1의 복개하천 위치에 대하여 현재 상태의 토지 피복조건(도로, 주차장 등, base case)과 하천 복원에 따른 수역 상태의 토지 피복 조건(water case)의 두 가지 조건으로 모델링을 수행 하였으며 250 m 격자(68×48)에 대하여 기상장을 산출하였다. Fig. 3은 각각 부산지역 전체에 상세 기상장을 계산하는 MM5 모델의 1 km

격자망(54×51)과 CALMET 모델링의 250 m 격자망(68×48)의 구성을 나타낸다. 복개 하천에 대한 두 가지 토지 피복상태, base, water case를 가정한 후 CALMET 모델을 수행하여 각 격자별 온도차 분석을 수행하였다.

사례일 선정

지표면 상태에 의한 기상조건의 변화를 살펴보기 위해서 중관기상의 영향이 최소화며 지형에 의한 국지 기상효과가 탁월한 날들 중에서 대기오염도가 높았던 날을 사례일로 선정하였다. 2010년을 대상으로 황사일과 강수가 있는 날을 제외하고 박무나, 연무가 없는 날들 중에서 입자상 물질인 PM10의 농도가 높고 중관장의 영향이 약한 날로, 2010년 3월 28일을 사례일로 선정하였다. 이날은 우리나라와 중국 상공에 약한 고기압이 크게 형성되었으며, 우리나라 주변으로

기압경도가 크게 나타나지 않아 등압선 간격이 넓어 종관적인 풍계가 약한 날이다. 또한 부산지역의 일평균 PM10 농도가 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비교적 높게 나타난 날로 배출원의 특별한 변화가 없다고 가정할 경우 대기오염의 확산에 불리한 기상조건이었음을 예상할 수 있다.

사례일로 선정된 2010년 3월 28일의 연구대상 지역에 대한 상세 기상장을 산출하기 위하여 먼저 MM5 중규모 기상모델링을 적용하였다. MM5 모델링은 48시간 정도의 spin up 기간을 고려하여 2010년 3월 26일 9시부터 3월 28일 21시까지 수행하였으며, MM5 모델링 결과 계산된 부산지역의 상세 기상장과 토지 피복의 변화 효과를 CALMET 프로그램에 입력하고 2010년 3월 27일 3시부터 3월 28일 21시 까지 계산하였다.

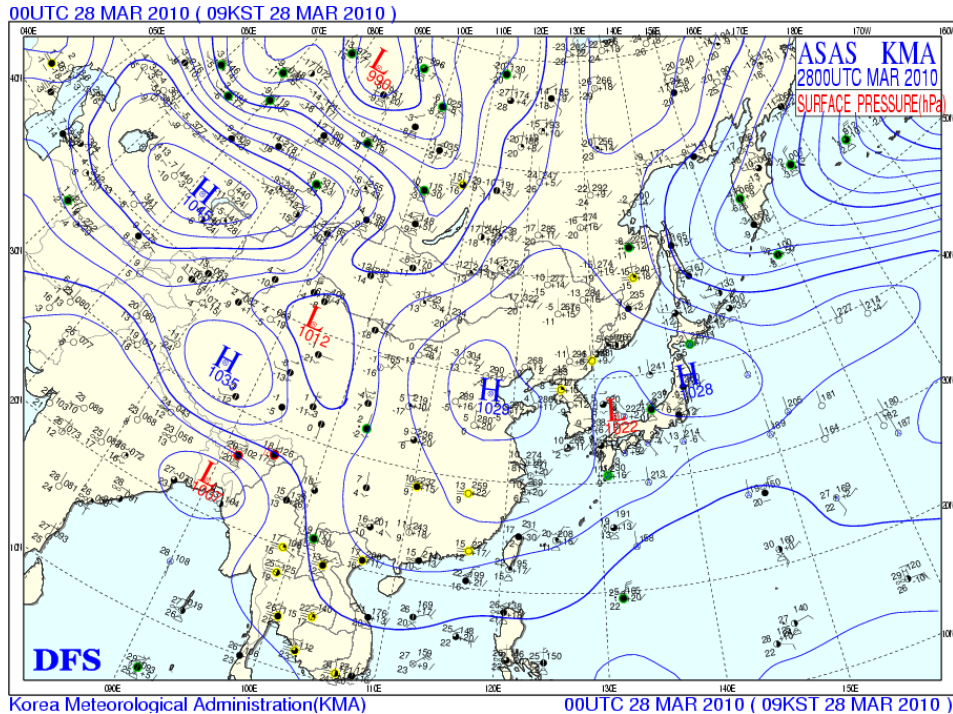


Fig. 4. Surface weather map at 09KST 28 March 2010.

대상지역의 토지피복 현황

연구대상 도심 복개 하천들이 위치하고 있는 CALMET 모델 영역의 지표면 토지 피복 상태는 환경부에서 제공되는 토지피복도(Fig. 3)를 활용하여 각 격자별 토지 피복 상태를 생성하여 CALMET에 입력하였다. Fig. 5의 왼쪽은 하천 복원이 이루어지지 않은 base case의 경우를 나타내며 환경부에서 제공되는 토지피복도에서 각 격자별 토지 피복상태를 확인한 결과이다. CALMET 모델링영역에서는 대부분 도시지역으로 전

체 격자 중 약 43.7%를 차지하고 있으며 황령산, 구덕산, 백양산을 중심으로 산림지역이 30.7% 차지하고 있다. 수역은 부산항 지역과 서쪽의 낙동강 지역 그리고 동쪽의 수영강 일부 지역이 있으며 전체 도메인 중에 17.4%를 차지하고 있음을 확인할 수 있다. Fig. 5의 오른쪽은 하천 복원이 이루어진 후의 토지 피복상태를 나타낸 water case의 그림이다. 편의상 하천 복원이 이루어질 경우 하천이 속한 격자 전체가 수역으로 토지 피복이 변경되는 것으로 가정하였다. Table 2에 의

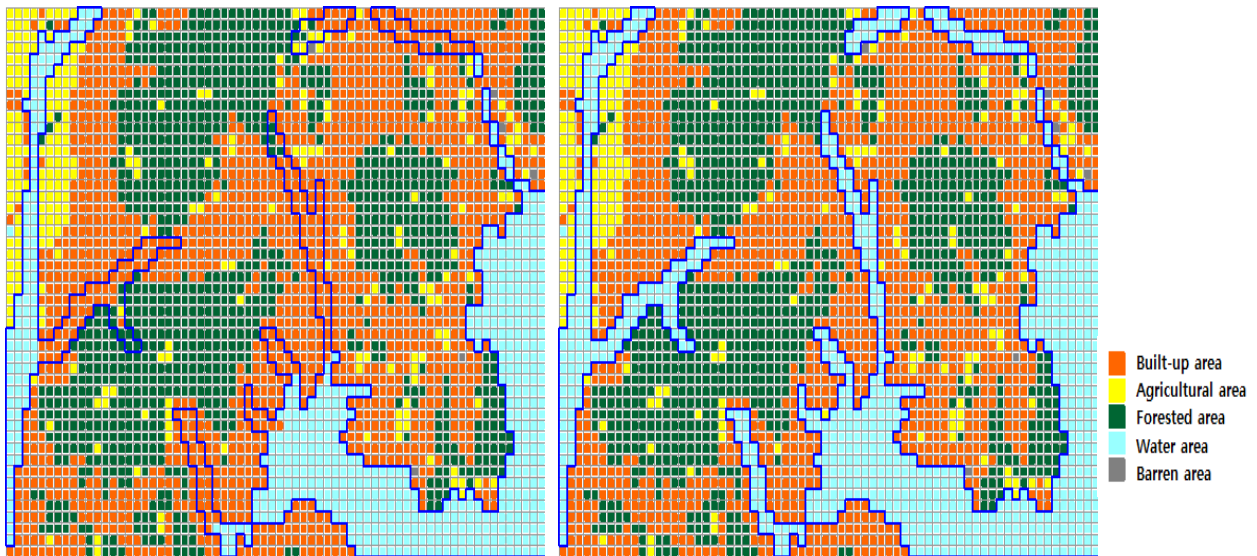


Fig. 5. Land use distribution in CALMET modeling domain. Left is current states(base case) and right is result of restoring the streams(water case).

Table 2. Number(%) of grid at each case

| | Built-up | Agricultural | Forested | Water | Barren | Total |
|------------|------------|--------------|------------|-----------|--------|-------|
| Base case | 1426(43.7) | 261(8.0) | 1003(30.7) | 568(17.4) | 6(0.2) | 3264 |
| Water case | 1274(39.0) | 256(7.8) | 987(30.2) | 741(22.7) | 6(0.2) | 3264 |

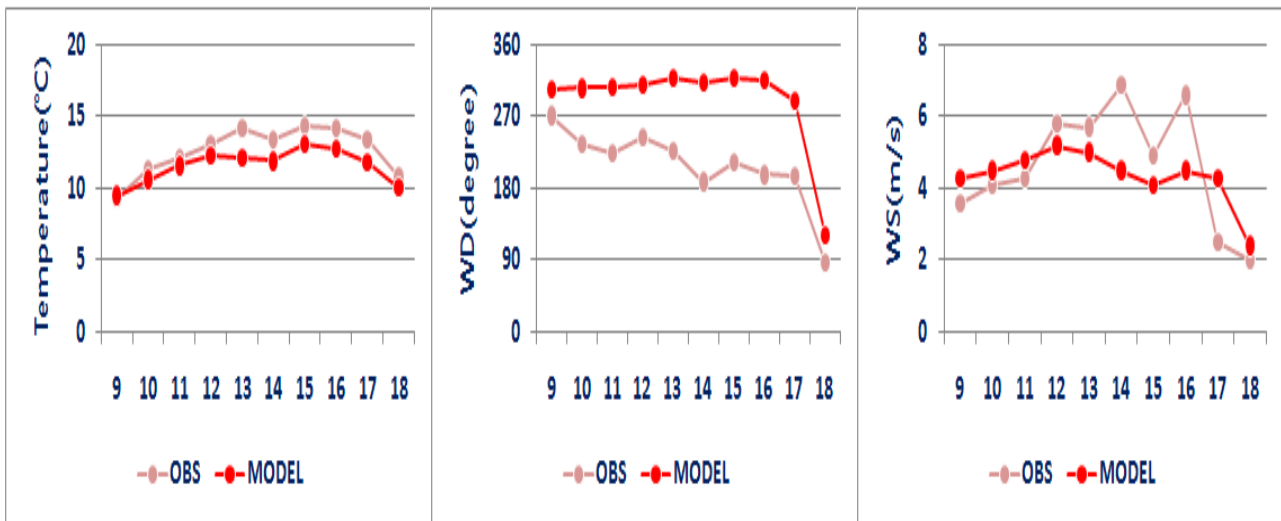


Fig. 6. Comparison of the modeling result with observations at Busan AWS stations. 'OBS' and 'MODEL' denote observations and calculation respectively.

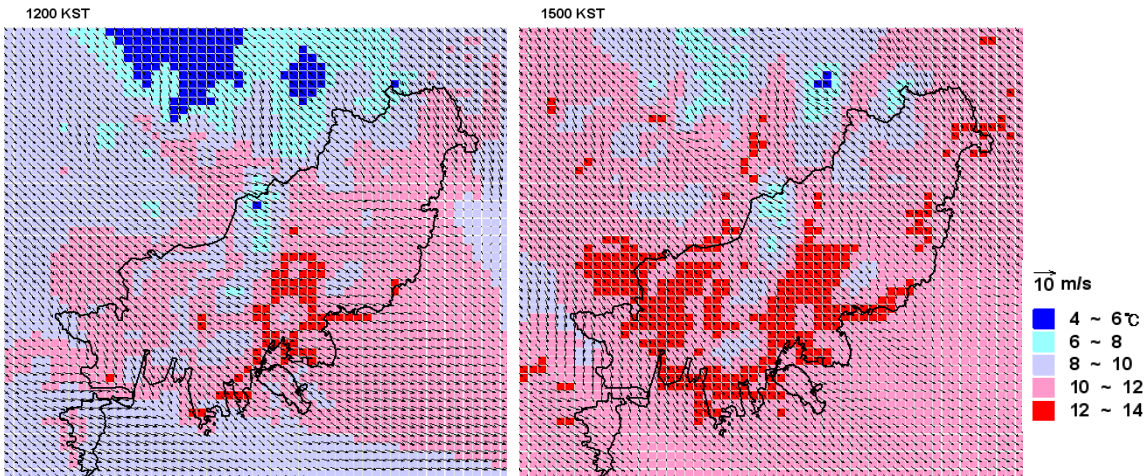


Fig. 7. Horizontal distributions of wind and temperature from MM5 modeling result at 1200 and 1500 KST on 28 March.

하면 하천 복원이 이루어 질 경우 농업지역과 산림 지역도 일부 감소되는 지만 대부분의 경우 도심지역이 하천으로 변경되는 것을 알 수 있으며 이는 복개하천이 도로와 주차장 등으로 이용되고 있는 사실에서도 예상할 수 있다.

결과 및 고찰

MM5 모델링 결과

도심내부 토지 피복변화에 의한 기온의 영향을 계산하기 위하여 CALMET 모형을 적용하였으며, CALMET 모델에 입력하는 상세 기상자료는 중규모 기상모델인 MM5를 이용하여 1 km격자 간격으로 생성하였다. MM5 모델은 spin up 시간을 고려하여 3월 26일 09시부터 3월 28일 21시까지 수행하였으며 3월 28일 9시부터 18시까지의 기온, 풍향, 풍속 결과를 부산지방 기상청의 부산 AWS 관측값 비교를 하여 모델결과의 타당성을 검증하였다. Fig. 6을 살펴보면 온도의 경우 모델치가 관측치와 거의 유사하게 변화하고 있음을 알 수 있다. 풍향의 경우 9시에 관측치는 271.1°, 모델결과는 304.2°로 서풍에 가까웠으나 시간이 지나면서 남풍계열의 바람으로 바뀌고 있으며 모델결과는 16시 까지 9시의 바람방향과 비슷한 풍향이 지속되다가 17시 이후 관측치와 유사하게 동풍계열의 바람으로 급격히 변하고 있음을 알 수 있다. 낮 시간대의 세부적인 풍향의 변화와는 다소 차이가 나고 있지만 관측치의 전체 적인 변화 경향을 잘 반영하고 있음을 알 수 있다. 풍속의 경우 9시에 관측치와 모델결과가 각각 3.6%, 4.3%로 비슷하게 나타나고 있으며 13시까지는 관측치와 유사한 패턴을 보이고 있으나 14시와 16시에 일시적으로 증가하는 경향은 모델에서 반영되지 못하고 있음을 알

수 있으며, 18시에는 관측치와 비슷하게 풍속이 급격히 감소하여 전반적인 변화 패턴을 잘 묘사하는 것으로 판단된다. MM5 모델결과에 대한 기온, 풍향, 풍속 관측 자료와의 비교 결과 기온의 경우 관측치와 매우 비슷한 결과가 나타났으며 풍향과 풍속의 경우 관측치의 세부적인 변화패턴과는 다소 차이가 있지만 전반적인 변화 경향을 반영하는 것으로 나타나 연구 대상 영역의 상세 기상장 계산을 위한 CALMET 모델의 입력 자료로 사용하기에는 무리가 없을 것으로 판단된다.

Fig. 7은 MM5 모델링 결과 중 12시와 15시의 수평 바람장과 온도장을 나타낸 그림이다. 온도장의 경우 낮 12시부터 15시로 시간이 지남에 따라 대부분의 지역에서 온도가 증가하고 있다. 도심내부 중심지역과 해안 일부 지역은 12시부터 주변보다 기온이 높게 형성되고 있으며 이는 15시에 시가지역을 중심으로 더욱 확장되는 것을 알 수 있다. 도심내부 지역이 주변보다 온도가 높아지는 도심열섬의 효과를 간접적으로 확인할 수 있다. 도심내부에서도 기상군 북부 지역과, 장산, 금정산, 구덕산 등의 산지에서는 주변보다 다소 낮은 기온이 나타나고 있으며 이는 15시에도 지속적으로 나타나고 있다. 풍향의 경우 대부분의 지역에서 서~북서풍 계열의 바람이 탁월하게 나타나고 있으며 12시에 비하여 15시에 도심내부의 온도가 증가하면서 풍속도 증가되고 있음을 알 수 있고 해안에서는 12시에 비하여 풍속이 감소하는 것을 알 수 있다. 도심내부 산지에서는 주변보다 다소 풍속이 강화되는 것을 알 수가 있는데 이는 지형에 의한 공기가 흐르는 통로가 좁아져 상대적으로 유속이 빨라지는 효과 때문이다.

Base case 모델링 결과

Fig. 6과 같이 MM5 모델링 결과 산정된 시간별 기상자료는 연구대상 영역의 상세 기상장 계산을 위하여 Fig. 5의 토지 피복자료와 함께 CALMET 모델의 입력되었다. Fig. 7은

하천 복원이 이루어지지 않은 base case의 CALMET 모델링 결과의 시간별 온도분포를 나타낸 그림이다. 도심내부의 시가화 지역을 중심으로 16시까지 온도 상승이 일어나고 이후에 급격하게 온도가 감소되는 분포를 보여주고 있다. 구덕산, 백양산, 황령산 지역의 경우 토지 피복이 산림지역으로 주변보다 낮은 기온을 항상 유지하는 것을 알 수 있다. 계산영역 내에서는 이들 산지를 제외한 지역은 시가화 지역으로 서로 비슷한 온도 변화 패턴을 보이고 있다. 17시가 지나면서 해상과 산지를 중심으로 온도가 감소하기 시작하였으나 이후 산지에서의 온도감소가 더 빠르게 나타나고 있으며 19시에는 열용량의 차이로 인하여 시가화 지역의 온도가 해상보다 낮

게 나타나고 있다.

도메인 내 전체 격자별 온도의 평균은 13시 9.36, 14시 10.23, 15시 10.26℃로 이들 시간대에서 비교적 높게 나타나고 이후에 감소하였으며 평균 온도가 가장 높은 15시의 최고 온도는 11.19℃로 남구와 동구의 해안지역을 중심으로 높은 온도가 형성되고, 최저 온도는 7.81℃로 구덕산 정상지역을 중심으로 저온 지역이 형성되었다. 평균온도의 시간대별 변화 경향을 살펴보면 11시 까지 증가하다가 12시에 약간 감소하였으며 이는 관측치의 변화 패턴이 반영된 결과이다. 13시에서 14시 사이에 온도가 가장 크게 증가하였으며 이후 15시에 최고온도를 기록하고 이후에 감소하는 것으로 나타났다.

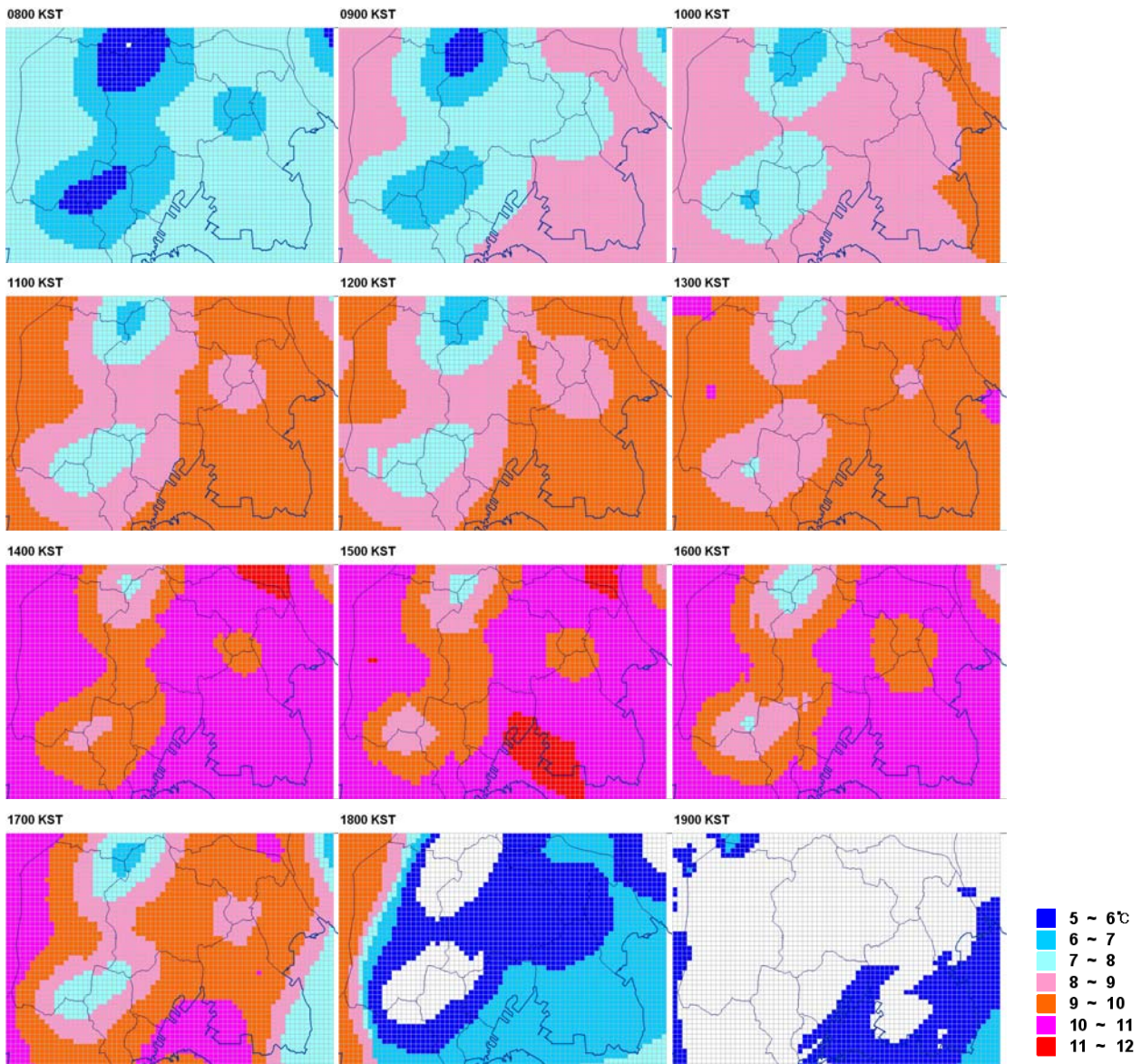


Fig. 7. Hourly variationsa of Horizontal distributions of temperature field from CALMET modeling result from 0800 to 1900 KST on 28 March.

Table 3. Maximum(Max.), minnum(Min.) and domain averaged(Avg.) temperature variation according to the hour(unit ℃),

| | 0800 | 0900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 |
|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Max. | 7.92 | 8.59 | 9.31 | 9.88 | 9.87 | 10.27 | 11.16 | 11.19 | 10.9 | 10.3 | 9.79 | 6.4 |
| Min. | 4.98 | 5.58 | 6.31 | 6.77 | 6.31 | 7.32 | 7.87 | 7.81 | 7.37 | 6.08 | 3.7 | 2.18 |
| Avg. | 7.11 | 7.73 | 8.41 | 8.91 | 8.81 | 9.36 | 10.23 | 10.26 | 10.02 | 9.12 | 6.2 | 4.31 |

하천복원 이후의 온도변화

하천 복원 후의 온도 변화는 Fig. 5의 하천 복원에 따른 토지 피복자료를 CALMET에 입력하여 계산하였다. 하천 복원에 따른 온도변화 효과를 살펴보기 위하여 각 지점별 하천 복원 전(base case)과 하천 복원 후(water case)의 온도 차이를 살펴보았다(Fig. 8).

현재 아스팔트나 주차장으로 사용되고 있는 복개 하천들은 (Fig. 1) 하천 복원으로 수역으로 변화하게 되며 Fig. 8을 살펴보면 이들 지역을 중심으로 온도가 감소하고 있음을 알 수 있다. 고도 75 m 까지는 하천에 의한 온도 감소가 약 2℃정

도가 되며 하천을 포함한 주변 지역으로 넓게 나타나고 있으며 산림지역에서는 일부 온도 상승효과가 나타나고 있다. 산림지역을 중심으로 한 온도 상승효과는 높이가 증가하면서 급격하게 사라지고 있으며 고도 150 m 이상에서는 거의 나타나지 않고 있다. 고도가 높아질수록 온도가 감소하는 지역은 줄어들어 하천이 위치한 지역에서만 나타나고 있으나 온도감소는 약 4℃까지 더욱 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 하천 복원에 따른 토지 피복 변화는 시가화 되어있던 지역에 기온감소 효과를 일으키고 있으며 고도가 증가 할수록 범위는 감소하지만 온도감소는 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

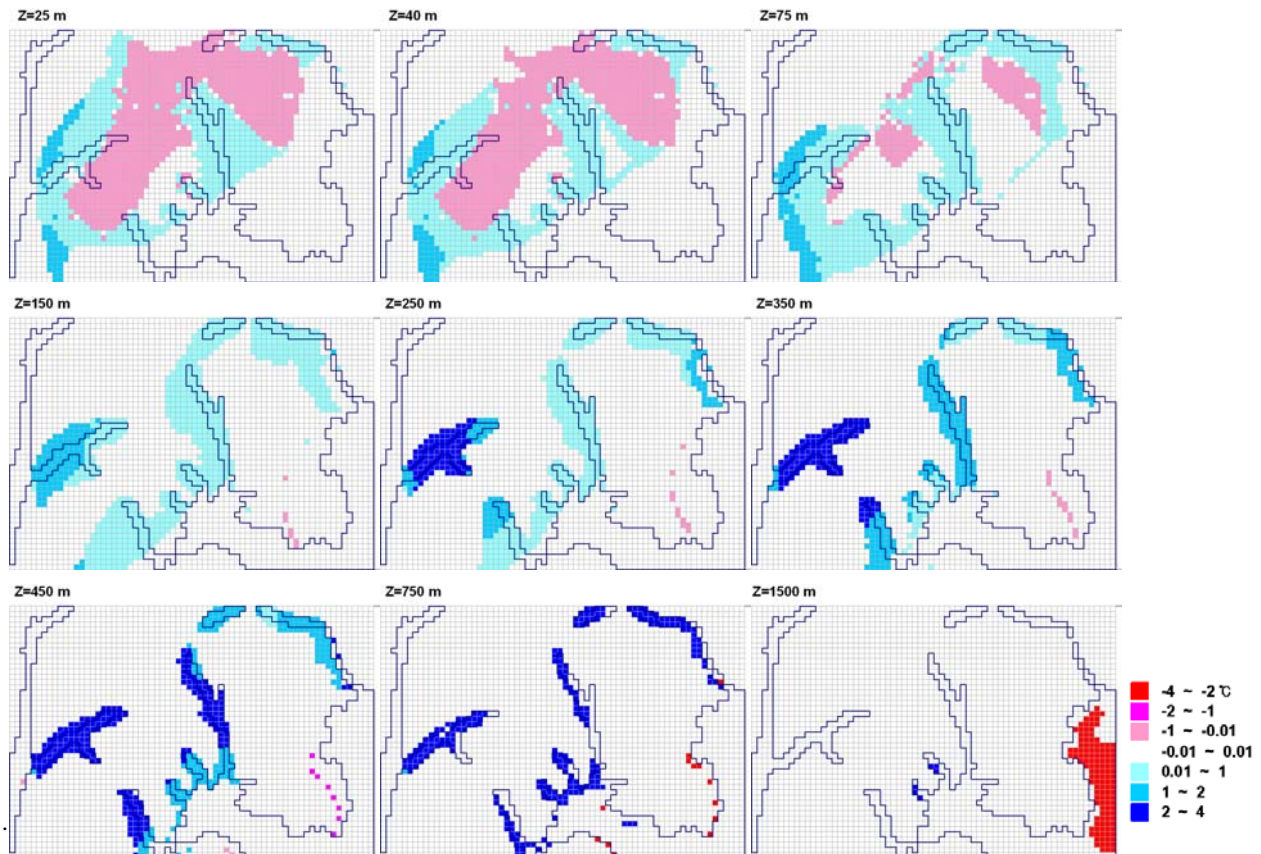


Fig. 8. Horizontal difference of temperature between base and water case according to the height. Solid line denotes the boundary of water area.

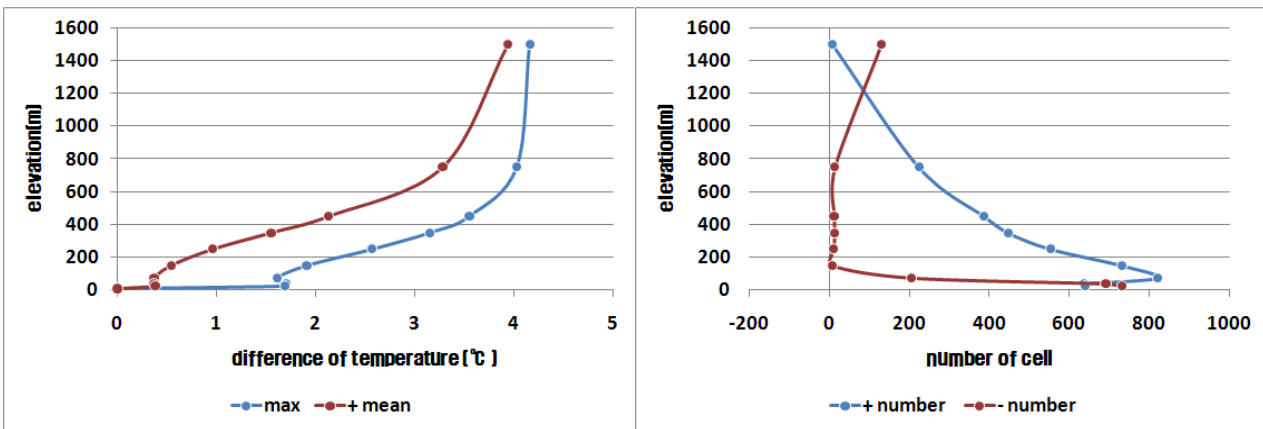


Fig. 9. Difference of temperature between base and water case and number of grid cell according to height.

Fig. 9의 왼쪽그림은 고도에 따른 온도차이의 최대값과 평균값을 나타낸 그림이다. 온도감소 효과는 고도가 높아질수록 증가하는 것을 알 수 있으며 750 m에서 약 4℃로 나타나고 있다. 250 m까지는 약 2℃ 이내의 최대 온도 차이를 보이고 있으나 100 m에서 500 m 사이에서 급격하게 증가하고 있음을 알 수 있다. Fig. 9 오른쪽 그림은 base case와 water case의 온도차이가 양의 값을 가지는 격자셀의 수와 음의 값을 가지는 격자셀의 수를 높이별로 나타낸 것이다. 양의 값은 온도감소가 일어났음을 의미하고 음의 값은 온도 증가가 있음을 의미한다. Fig. 8에서도 알 수 있듯이 약 75 m까지는 산림지역을 중심으로 온도가 증가하는 지역이 일부 나타남을 알 수 있다. 온도가 증가하는 지역은 약 75 m까지는 200개 이상의 격자셀에서 온도가 증가한 것으로 나타났으나 75 m 이상에서 거의 나타나지 않고 있다. 온도가 감소하는 지역은 75 m까지는 범위가 넓어지고 있어 지표면 부근에서는 상당히 넓은 지역에 효과가 나타나고 있음을 알 수 있으며 75 m 이상에서 영향지역이 감소하고 있으나 Fig. 9의 왼쪽그림에서 살펴본 것 같이 온도 감소는 더 강하게 나타남을 알 수 있다. 하천 복원에 따른 온도 감소 효과는 지표면 부근에서는 하천을 포함한 주변지역까지 비교적 넓은 지역에서 나타나고 있으나 고도가 높아질수록 온도 차이는 크게 나타나지 않으면 그 영향지역은 하천이 위치한 지역만으로 좁아지는 것을 알 수 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 하천 복원사업의 시행에 따른 도심내부의 토지 피복의 변화가 기상조건에 미치는 영향을 온도장 분석을 통하여 살펴보고 하천복원 사업이 수질개선 뿐만 아니라 도시열섬과 같은 대기질의 개선에도 효과가 있음을 정량적으로 파악하고자 하였다. 도심내부에 위치한 복개하천 7개소에

대하여 환경부에서 제공되는 토지 피복도를 활용하여 하천 복원 전 후의 토지 피복상태를 구성하였으며 중규모 기상모델인 MM5의 상세 기상장 계산결과와 함께 CALMET에 입력하였다.

CALMET 에 입력되는 MM5 모델결과는 관측치의 전반적인 변화 경향을 잘 반영하는 것으로 나타났으며 낮 시간대의 모델링 결과에서 도심내부 지역이 주변보다 온도가 높아지는 도시열섬의 효과를 간접적으로 확인할 수 있었다. 하천 복원에 따른 토지 피복 변화는 지표면 부근의 시가화 되어있던 비교적 넓은 지역에 최대 약 2℃ 정도의 기온감소 효과를 일으키는 것으로 나타났다. 기온 감소효과는 500 m 고도까지 급격하게 증가하여 750 m 고도에서는 약 4℃ 까지 감소하였으나 영향지역은 하천이 위치한 지역으로 좁아지는 것을 알 수 있었다.

자연형 하천 복원은 도심내부 아스팔트 등의 시가화 면적을 감소시키며 이로 인하여 도심내부의 기온감소 효과를 일으켜 도시열섬을 완화시키는 효과가 있음을 알 수 있었다. 도시열섬의 완화는 도심내부로 오염물질 축적되는 현상 등 대기질 개선에 도움이 될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 신동수, 손태석, 장중경, 신현석, “부산시 복개하천 관리 실태조사 및 평가”, 대한토목학회 정기학술대회, pp.1719~1722(2008).
2. 부산광역시 보건환경연구원, “부산시내 주요 복개하천 오염도조사 결과보고” (2010).
3. 김연희, 구해정, 김규량, 최병철, 백종진, “서울의 도심 내 하천 복원 사업은 국지 기후에 영향을 미치는가?”, 한국대기환경학회 2007년 공동학술대회 초록집, pp.131~134(2007).
4. 환경부, 환경지리정보서비스, <http://egis.me.go.kr/>(2010).
5. 황미경, 김유근, 오인보, 강윤희, “건물효과를 고려한 연안도시지역 고해상도 기상모델링”, 한국대기환경학회지,

- 26(2), pp.137~150(2010).
6. 조성모, 윤용한, 류을렬, 박봉주, 김원태 “도시내 용도지역의 토지피복형태가 열섬현상에 미치는 영향”, 한국환경과학회지, 18(2), pp.169~176(2009).
 7. 이현주, 이귀옥, 원경미, 이화운, “최신토지피복자료를 이용한 대구시의 열환경 수치모의”, 한국대기환경학회지, 25(3), pp.196~210(2009).
 8. 박석봉, “도심하천의 복개에 따른 열환경 변화에 관한 연구(제1보)”, 대한건축학회학술발표논문집, 15(2), pp.329~332(1995).
 9. 윤용한, 박봉주, 김원태, 조현수, “토지이용형태에 따른 계절별 열섬현상의 강도”, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」, 43(4), pp.21~30(2008).
 10. Lee, K. S., Shin, D. H., Kim, J. C., Lee, S. H., Lee, H. J., Jin, W., Zheng, H., "Air temperature decreasing effects by restored urban stream", 환경영향평가, 19(1), pp.75~81(2010).