대구 세계육상선수권대회 마라톤 구간의 열환경변화분석

백상훈 · 오상학 · 정용훈 · 정응호*

계명대학교 환경계획학과

(2011년 3월 18일 접수; 2011년 4월 5일 수정; 2011년 4월 25일 채택)

Analysis on Thermal Environment of Marathon Course in 2011 Daegu World Championship in Athletics

Sang Hun Baek, Sang Hak Oh, Yong Hun Jung, Eung Ho Jung*

Department of Environmental Planning, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

(Manuscript received 18 March, 2011; revised 5 April, 2011; accepted 25 April, 2011)

Abstract

In this study, thermal environment changes for a marathon course of IAAF World Championship, Daegu 2011 were modeled to provide improvements of thermal environment, so that runners could have the maximum condition and citizens pleasant streets.

The three biggest size of intersections were selected for the study. Envi-met, 3G microclimate model, were used for a thermal environment analysis and three different cases - present status, planting roadside tree scenario, and roof-garden scenario - were compared. The followings are the results of the study.

1. The highest thermal distribution were shown at 1 p.m., but there was no significant difference between a thermal distribution at 1 p.m. and that at 5 p.m. since a heat flux from buildings affects thermal distributions rather than insolation does.

2. Tree planting or adding environmental friendly factors might lead a temperature drop effect, but the effect was not significant for areas covered with impermeability packing materials such as concrete or asphalt (especially, for Site case 2)

3. The combination of tree planting and adding environmental friendly factors also brought a temperature drop effect (Site 1 and 2) and this case showed even better result if green spaces (especially, parks) were closed.

Key Words : Emission factor, Reduction factor, Land cover, Sensory temperature

1. 서론

세계육상선수권대회는 올림픽, 월드컵대회와 더불어 3대 스포츠행사로서 매 2년마다 개최되고 있다. 세계육상경기연맹은 2007년 오사카 대회를 기점으로

로 환경 친화적 대회운영을 위한 그린 프로젝트 개념을 적용시키고 있다. 그린프로젝트 개념은 에너지자원절약과 재활용 및 시민환경의식제고 등이 주된 내용이지만, 쾌적한 도시환경을 창출하여 경기력향상과 도시환경이미지개선에 초점을 맞추는 그린인프라 구축 부분도 중요하게 부각되고 있다. 육상선수권대회의 종목가운데 특히 마라톤과 경보는 경기장 외부 도로에서 경기가 진행되기 때문에 도로환경요인과 상황에 의해 경기력이 많은 영향을 받을 수 있다.

대구세계육상선수권대회의 일정(2011.8.27 ~ 9.4)

*Corresponding author : Eung Ho Jung, Department of Environmental Planning, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone: +82-53-580-5215
E-mail: turep21@kmu.ac.kr

은 최근 폭염일수와 열대야발생이 증가되고 있는 하계기후추이에 비추어 볼 때 경기력에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상된다. 특히 마라톤구간은 대구의 중심시가지를 순환하도록 확정되었기 때문에, 하계기후 조건에 의한 도로환경상황이 마라톤경기력에 영향을 줄 수 있을 것으로 우려되고 있다. 이러한 우려에 대한 조치로 대회조직위원회에서는 마라톤구간의 극히 일부에 도로의 중앙분리대에 살수 노즐시설을 설치하여 일정시간대에 물을 흘려보내 도로노면을 세척하여 미세먼지제거와 노면열기를 냉각시키는 방법인 클린로드사업을 시행하기로 하고 시설을 구축하였으나, 그 시설운영의 특성상 시간적 공간적으로 효과가 제한적일 수밖에 없는 실정이다. 일반적으로 여름철 도로 공간에서의 열환경 상황은 자동차배열과 도로포장재료 및 주변 건축물 등의 열수지 특성에 의해 영향을 받아 매우 열악하다. 이에 반해 도로 공간에서의 열환경을 개선하고 제어할 수 있는 방법은 가로수를 비롯한 녹지공간의 확보 외에는 적절한 방안이 없는 것이 현실이다. 이러한 측면에서 볼 때 우리나라 여름철의 대표적인 혹서지인 대구에서 개최되는 세계육상선수권대회의 마라톤 구간에 대한 열환경 변화를 분석하여 적절한 현실적인 개선방안을 모색하기 위한 노력이 필요하다. 이에 본 논문에서는 대구세계육상선수권대회의 마라톤 구간을 대상으로 열환경 변화에 대한 모델링분석과 열환경 개선방안을 제시함으로써 마라톤경기력 유지와 아울러 시민들이 쾌적하게 이용할 수 있는 도로 공간을 창출하는데 기여할 수 있는 자료를 제공하는데 연구의 목적을 두었다.

본 연구에서는 마라톤구간 전체를 대상으로 열환경 변화를 모델링분석하기에는 현실적으로 불가능하기 때문에 마라톤구간 가운데 출발지를 포함하여 가장 규모가 큰 교차로 두개지점을 사례대상지로 선정하였다. 선정된 사례대상지를 대상으로 마라톤 경기가 진행되는 시간에 맞추어 열화상카메라촬영을 통해 대상지의 실제 지표온도를 측정하여 열환경적 특성을 파악하였다. 열환경 변화분석을 위한 모델링을 위해서는 미세규모의 환경변화(건축, 도로변 가로수 식재, 중정의 지면포장 등) 및 도시나 지구단위 규모의 미기후 변화를 예측하는 3차원 미기후 모델인 Envi-met을 이용하였으며, 사례대상지별로 각각 현 상태, 수목(가

로수)추가식재, 친환경요소(옥상녹화)등의 3가지 대안별로 구분하여 열환경 변화에 대한 모델링을 실시하여 비교하였다.

2. 선행연구 고찰

도로의 공간적 특성에 따른 열환경 변화분석과 제어에 관한 연구는 크게 도로 피복 재료와 녹지·가로수를 대상으로 수행되어져 왔다. 먼저 도로 피복 재료와 관련해서는 도시의 지표재료별 지온 및 기온차를 측정하고 수목 그늘지가 기온을 완화시키는 효과가 있음을 분석한바 있으며(이, 1995), 특히 여름철에 피복 재료별로 온도차가 크게 나타나고(조, 1995), 녹지로부터의 거리와 녹피율, 토지피복의 차이에 따라서 온도차이가 있는 것으로 분석(윤과 송, 1998)되었으며, 이러한 도심도로에서의 기온상승을 제어하기 위해서는 투수성포장과 녹지공간의 확충을 해결방안으로 제시(조와 안, 1999)한 바 있다.

현재까지 가장 보편적으로 이용되어진 도로 공간에서의 열환경 제어방법은 수목을 이용한 기법이다. 수목을 이용한 온열환경 제어 기법은 가장 쉽고 확실한 방법으로 알려져 있으며, 이에 관한 연구는 활발히 진행되어져 왔다. 일반적으로 도시녹지는 도시공원과 같은 일정규모의 면적을 가지는 녹지로 인식되어 왔지만(김, 2004), 최근 들어 가로수를 포함하는 가로녹화에도 관심이 높아지고 있다. 가로녹화는 협소하게는 독립적인 녹지형태로 존재하고 광역적으로는 도시의 그린네트워크를 구성하는 중요한 요소이다. 가로수는 동일수종을 동일간격으로 식재하는 것이 일반적이지만, 도로의 폭에 따라 다양한 녹화방법을 도입하기도 한다(이와 이, 1999).

그리고 최근에는 가로녹화의 기능과 수종 선택에 대해서 주로 논하거나 도시공원의 열환경 개선효과에 대해서 주로 연구되어져왔다. 일본 동경도(都) 미나토구(區) 미나미 아오야마지구(地區)를 대상으로 한 연구에서는 녹화계획안의 전표면 온도분포를 산출하고 녹지의 현열부하 억제효과를 정량적으로 제시하였다(佐藤理人, 2008). 또한 보다 구체적으로 실제 개별가구를 대상으로 전표면온도, MRT, HIP등을 산출하여 수목배치와 녹화방법의 차이가 열환경 개선에 유의미

한 영향을 미치고 있음을 밝혔다(鈴木弘孝, 2008). 유럽도시를 대상으로 한 연구에서도 녹지 공간 확충이 하절기의 쾌적한 열환경 조성에 가장 쉬운 방법으로서 제시된바 있으며(Huttner et al, 2008), 구체적으로 도시 내의 같은 크기의 오픈스페이스라 하더라도 녹지조성유형과 형태에 따라서 주변기온완화에 미치는 영향이 다르게 나타나고 있는 것으로 조사되었다(Bruse, 2007). 그리고 공동주택단지 배치계획에 따라 미기후환경(바람유동 및 열환경)이 영향을 받는 것으로 나타났고(손, 2009), 도심공원의 조성이 미기후적 요인(온도, 습도, 바람의 변화, 열환경)에 영향을 미치는 것으로 밝혀지기도 하였다(김, 2010). 이와 같이 선행연구에서는 대체로 점적인 형태(단위 수목)나 면적인 형태(공원)에 있어서의 열환경 변화와 제어에 대해서 다루고 있으며, 녹지조성요인에 따른 열환경 변화와 개선영향에 대한 비교분석에 대한 내용은 미흡하다. 또한 본 연구에서와 같이 복합적이고 다양한 열환경적 특성을 보이는 대규모 선형적인 형태의 도로 공간을 대상으로 한 열환경 변화에 대한 사례연구는 아직 미진하다.

3. 열환경 변화 평가

3.1. 사례대상지 개요

본 연구는 2011년 대구세계육상선수권대회의 마라톤 구간을 대상으로 사례연구를 실시하였다. 마라톤 구간은 도시를 순회하는 루프코스방식으로 대구시의 중심가로를 통과하고 있다. 즉, Fig. 1에서 보는바와 같이 출발지점인 국채보상운동기념공원을 시작으로 수성못을 지나 다시 국채보상운동기념공원으로 들어오는 15 km구간을 2회 반복하고, 국채보상운동기념공원에서 황금 네거리와 중동 네거리를 지나 국채보상운동기념공원으로 들어오는 12.195 km구간으로 구성되어있다(대구세계육상선수권대회 조직위원회).

이러한 마라톤구간전체를 대상으로 열환경 분석 모델링을 수행하기에는 현실적으로 어려움이 있다. 따라서 마라톤구간이 루프코스로 이루어져 순환하여 반복되므로 본 연구에서는 마라톤구간가로의 랜덤마 크적인 특성과 규모 및 위치 등을 감안하여 출발지점을 포함하여 주요지점 2곳을 사례대상지로 선정하였다.

Fig. 1. Marathon course in 2011 Daegu World Championship in Athletics.

Site 1은 마라톤의 출발 및 도착지점인 국채보상운동기념공원 앞 가로이다. 이곳은 남측의 공원과 연계되어 가로수길이 정비되어 있다. Site 2는 두산오거리이며 남측으로는 수성못과 연결되어 있다. Site 3은 대구의 동서간선도로인 달구벌대로와 도시중심지를 남북으로 지나는 중앙로와 연결되는 반월당 네거리로 가장 교통량이 많은 곳이며, 사례대상지 가운데 가로수식재가 가장 열악하고, 가로주변에 연계되는 녹지공간이 없는 곳이다.

선정된 대상지별로 열환경 분석 모델링을 실행하기 전 실제 가로공간의 열환경 특성을 알아보기 위하여 열화상 카메라를 이용하여 지표온도를 측정하였다. 촬영은 2011년 대구세계육상선수권대회의 마라톤 일정(여 : 2011년 8월 27일, 남 : 2011년 9월 4일, 출발시간:09:00)과 구간별 시간대를 고려하여 2010년 8월 28일(Site1-09:40 / Site2-11:00 / Site3-12:30)에 실시하였다. 열화상 촬영이 마라톤 일정과 같은 날짜에 촬영이 이루어지진 않았지만 대구세계육상선수권이 개최되는 시기의 지표면 열환경 특성을 살펴보기 위한 목적으로 촬영하였기 때문에 의미가 있다고 판단된다. 열화상촬영결과와 사례대상지별로 최고온도와 최저온도는 각각 차이가 나지만 비슷한 특성을 나

Classification	location	Satellite Images	Status quo	Thermal imaging
Site 1	Gukchaebosang Park Street
Site 2	Dusan (5)Junction
Site 3	Banwoldang (4)Junction

Fig. 2. Case site location & Surface temperature in case site.

타내고 있음을 알 수 있다(Fig. 2). 즉, 건물과 차량에서 발생하는 열과 아스팔트노면에서 발생하는 열이 최고온도(35°C - 40°C)이었고, 수목 식재지역과 그늘진 곳은 주변온도보다 낮게(25°C - 30°C)나타나는 것을 알 수 있다. 이를 통해 수목 식재나 토지피복변경이 열환경 개선에 효과가 있다는 선행연구들의 결과를 확인할 수 있었다.

3.2. 자료 구축 및 분석조건

Envi-met를 활용한 열환경 분석 모델링을 수행하기 위해서는 기초 Data값 구축이 필요한데, 이는 크게 두 가지로 구분된다. 여기에는 모의실험 시간, 저장간격, 초기 대기후 상태 등의 속성파일(Configuration)과 사례대상지의 토지피복 종류, 식물, 건축물 구성 등을 입력하기 위한 공간파일(Area Input)이 해당된다. 모델링초기 값으로 입력되는 속성파일은 대구시 기상대에서 제공하는 2007년~2008년 여름철 AWS자료를 기초로 하여 작성하였다(Table 1). 시뮬레이션 시작시간은 일사의 영향을 받지 않는 초기상태라는 가정하에 오전 06:00로 하였으며, 48시간동안 30분 간격으로 열환경 변화를 분석하였다. 공간파일 작성은 다음(Daum)에서 제공하는 지도서비스를 이용하여 건축물과 식물, 도로의 위치를 파악하였다. 지도상에서 파악

하기 힘든 건축물의 높이, 식물과 토지피복의 종류는 문헌자료와 현장조사를 병행하여 입력하였다.

Table 1. Configuration file basic input data

Index	Input data
Start Simulation at Time	AM 6:00
Total Simulation Time in Hours	48 Hour
Save Model State each	30 Min.
Initial Temperature Atmosphere	26.65°C
Wind Direction	EES(112.5°)
Wind Speed	2.1 m/s
Relative Humidity	70.72%

각 사례대상지별로 열환경 변화를 비교분석하기 위한 모델링의 조건은 다음과 같이 설정하였다. 먼저 열환경의 변화와 개선효과 등에 대한 비교분석을 위해 사례대상지별로 현상태조건과 수목추가식재(Site1: 116본 / Site2:133본 / Site3:322본) 및 친환경요소추가(Site1:5,850 m^2 / Site2:4,356 m^2 / Site3:13,383 m^2) 등의 3가지 조건별로 모델링을 시행하였다. 수목추가식재의 경우에는 현 상태에서 도로변의 가로수 식재

가 불량한 부분에 대하여 가로수를 추가로 식재하였다. Site 1과 Site 2의 경우는 현 상태도 가로수 식재가 양호하여 가로수 추가가 적은 반면, Site 3의 경우 가로수 식재가 불량하여 Site 1과 Site 2를 합한 수량보다 더 많은 양의 수량을 추가하였다. 수목의 종류는 가로수로서 갖추어야 하는 수목의 특성을 고려하여 Envi-met에서 제공하고 있는 수목 종류인 5 m와 10 m의 침엽수와 활엽수를 선정하여 입력하였다. 특히 친환경요소추가에 있어서는 수목추가식재와 더불어 주변가로변 건물을 대상으로 한 옥상녹화조성에 따른 열환경 변화 효과를 살펴보고자 하였다. 열환경 변화 분석 시간대는 마라톤경기 시작 시간대인 09시와 일사량이 최고점에 달하는 13시, 그리고 도로 공간의 인공구조물 등에 의한 복사열효과가 관찰되는 17시 등으로 구분하였다.

이러한 분석조건설정에 따른 모델링결과의 정량적 비교분석을 위하여 Fig. 3과 같이 각 사례대상지별로 4군데 비교측정지점(a1, a2, a3, a4)을 마라톤 노선을 따라 일정한 간격으로 선정하였다. 이들 측정지점선정을 통해 먼저 마라톤노선을 따라 경기에 참여하는 선수들이 주변의 도로환경의 조건에 따라 느끼게 되는 열환경 변화의 차이를 살펴보고자 하였고, 이와 더불어 각 사례대상지별 녹지요소설치에 따른 열환경 개선효과의 정량적 변화 추이를 알아보하고자 하였다.

3.3. 열환경 변화분석

3.3.1. Site 1

Site 1을 대상으로 한 열환경 변화 모델링결과에서

는 Fig. 4에서 보는바와 같이 전체적으로 친환경계획 요소의 추가에 따른 열환경 개선효과가 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 Site 1에서는 남측에 위치한 공원에서의 온도저감효과(냉섬효과)영향이 관찰되고 있다. 이는 노선과 노선 주변의 수목추가식재와 친환경요소추가를 통해서 기대되는 열환경 개선효과와 연계되어 오후 시간대에 더욱 확대되고 있는 것으로 나타나고 있다. 이러한 전체적인 추이는 Site 1에서 마라톤구간을 따라 선정한 비교측정지점(a1, a2, a3, a4)의 시간대별 열환경 변화의 정량적 결과(Table 2)를 통해서도 나타나고 있다. 먼저 a1 지점에서는 각시간대별로 -0.49°C , -1.39°C , -1.03°C 의 온도가 친환경요소추가에 의해 낮아지는 것으로 분석되었다. a2 지점에서는 -0.26°C , -0.53°C , -0.63°C 로 나타났고, a3 지점에서는 -0.17°C , -0.38°C , -0.87°C 이며, a4지점에서는 -0.33°C , -0.98°C , -0.72°C 이었다. 각 측정지점별로 온도저감효과가 다르게 나타나는 것은 주변의 공간적 구조와 특성에 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 온도저감효과가 가장 큰 a1 지점주변은 Fig. 2와 Fig. 3에서 보는바와 같이 다른 지점과 비교해 볼 때 남측에는 공원이 있으며, 북측에는 상대적으로 건축물배치가 적고 간격도 넓어 열환경에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 Site 1에서는 a2, a3, a4 지점에 대하여 주변의 공간적 여건을 감안하여 열환경 개선효과를 제고하기 위한 대책마련이 필요할 것이다.

Fig. 3. Area input file for Modelling in case site.

Fig. 4. Temperature distribution in Site 1.

Table 2. Temperature increment in measurement points in Site 1 (°C)

Classification		a1	a2	a3	a4
09:00	Status quo	26.14	26.04	25.99	25.97
	Additional planting	26.08	26.05	25.89	25.35
	Add Eco-friendly elements	25.65	25.78	25.82	25.64
	Increment	-0.49	-0.26	-0.17	-0.33
13:00	Status quo	32.57	32.33	33.93	33.1
	Additional planting	32.65	32.36	33.67	33.02
	Add Eco-friendly elements	31.18	31.80	33.55	32.12
	Increment	-1.39	-0.53	-0.38	-0.98
17:00	Status quo	31.08	30.63	31.88	30.77
	Additional planting	31.02	30.37	31.33	30.17
	Add Eco-friendly elements	30.05	30.00	31.01	30.05
	Increment	-1.03	-0.63	-0.87	-0.72

Table 3. Temperature increment in measurement points in Site 2 (°C)

Classification		a1	a2	a3	a4
09:00	Status quo	26.27	26.78	25.87	25.56
	Additional planting	26.30	26.71	25.87	25.56
	Add Eco-friendly elements	26.23	26.71	26.84	25.55
	Increment	-0.04	-0.07	-0.03	-0.01
13:00	Status quo	30.77	31.34	29.33	28.93
	Additional planting	30.75	31.20	29.30	28.90
	Add Eco-friendly elements	30.5	31.16	29.20	28.89
	Increment	-0.27	-0.18	-0.13	-0.04
17:00	Status quo	28.98	29.87	28.03	27.68
	Additional planting	28.94	29.66	28.02	27.64
	Add Eco-friendly elements	28.84	29.56	27.87	27.60
	Increment	-0.14	-0.31	-0.16	-0.08

3.3.2. Site 2
Site 2를 대상으로 한 열환경 변화 모델링결과에서

는 Fig. 5에서 보는바와 같이 전체적으로 친환경계획 요소의 추가에 따른 열환경 개선효과가 크게 나타나

Fig. 5. Temperature distribution in Site 2.

지 않고 있음을 알 수 있다. Site 2에서도 Site 1과 같이 남측에 위치한 공원에서의 온도저감효과(냉섬효과) 영향이 관찰되고 있으나, 북측에서 남측 수성못으로 연결되는 마라톤 일부 노선에 대한 열환경 개선에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타나고 있다. 이는 Site 2의 공간적 구조에 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 교차로의 특성상 열환경 개선을 위한 친환경적 요소의 추가가 공간적으로 제한적일 수밖에 없기 때문이다. 실제 모델링에 있어서도 이러한 특성을 고려하여 사례대상지 가운데 상대적으로 적은 규모의 수목 식재와 친환경요소를 추가하는 것으로 설정하였다. 그러나 Site 2에서는 다른 사례대상지와는 다르게 마라톤노선별로 온도차이가 크게 나타나고 있음을 보이고 있는데 이는 Site2에서의 비교측정지점(a1, a2, a3, a4)의 시간대별 열환경 변화의 정량적 결과(Table 3)를 통해 알 수 있다. 먼저 a1과 a2지점에서의 각시간대별로 온도분포에서는 최저 26.27℃이고 최고는 31.34℃로 나타나고 있으나, a3 및 a4에서의 최저 및 최고온도는 25.55℃와 29.33℃으로서 최고 온도 차이

는 2.01℃이다. 이는 a3, a4 지점이 Fig. 2와 Fig. 3에서 보는바와 같이 기존의 공원과 녹지지역에 위치하여 주변녹지로 부터의 온도저감효과에 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 Site 2에서는 이러한 공간적 특성과 여건을 감안하여 a1과 a2지점에 대한 열환경 개선 대책마련이 보다 효과적일 것으로 판단된다.

3.3.3. Site 3

Site 3은 앞서 언급한 바와 같이 사례대상지 가운데 가로주변지역에 대형 고층건물이 밀집해 있고 교통량이 가장 많으며, 열환경 개선과 연관되는 녹지여건(가로수식재와 주변 공원과의 연계)이 가장 취약하다. 따라서 열환경 분석 모델링에 있어 다른 사례대상지에 비해 보다 적극적인 열환경 개선 조성을 전제하였다. Site 3의 열환경 변화 모델링결과에서는 Fig.6에서 보는바와 같이 전체적으로 친환경계획요소의 추가에 따른 열환경 개선효과가 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 노선과 노선 주변의 수목추가식재와 친환경요소추가를 통해서 기대되는 열환경 개선효과가 오후 시간대에 더

Fig. 6. Temperature distribution in Site 3.

Table 4. Temperature increment in measurement points in Site 3 (°C)

Classification		a1	a2	a3	a4
09:00	Status quo	26.98	26.51	26.74	26.11
	Additional planting	26.94	26.40	26.67	26.10
	Add Eco-friendly elements	26.11	25.72	26.37	25.83
	Increment	-0.87	-0.79	-0.37	-0.28
13:00	Status quo	30.32	30.21	30.93	29.76
	Additional planting	30.31	29.48	31.09	29.95
	Add Eco-friendly elements	29.18	29.13	30.21	29.34
	Increment	-1.14	-1.08	-0.72	-0.42
17:00	Status quo	29.50	28.88	29.20	28.40
	Additional planting	29.28	28.50	29.20	28.24
	Add Eco-friendly elements	28.24	27.84	28.25	28.08
	Increment	-1.26	-1.04	-0.95	-0.32

속 확대되고 있는 것으로 나타나고 있다. 이러한 전체적인 추이는 Site 3에서 마라톤노선을 따라 선정된 비교측정지점(a1, a2, a3, a4)의 시간대별 열환경 변화의 정량적 결과(Table 4)를 통해서도 나타나고 있다.

먼저 a1 지점에서는 각시간대별로 -0.87℃, -1.14℃, -1.26℃의 온도가 친환경요소추가에 의해 낮아지는 것으로 분석되었다. a2 지점에서는 -0.79℃, -1.08℃, -1.04℃로 나타났고, a3 지점에서는 -0.37℃, -0.72℃, -0.95℃이며, a4지점에서는 -0.28℃, -0.42℃, -0.32℃이었다. a4 지점에서의 온도저감효과가 가장 낮은 것은 a4지점에 있는 기존 도로 중앙분리대의 식재에 의한 것으로 판단된다. 이러한 결과를 통해서 Site 3에서의 마라톤 노선에 대한 열환경 개선효과는 기대할 수 있겠으나, Site 3의 도로 공간 구조여건상(교차로) 남북으로 연결되는 도로 공간(특히, 교통섬)에서의 열환경 개선이 적극적으로 이루어져야 보다 효과적일 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 대구세계육상선수권대회의 마라톤 구간을 대상으로 열환경 변화에 대한 모델링분석을 통하여 마라톤경기력 유지와 아울러 시민들이 쾌적하게 이용할 수 있는 도로 공간조성에 기초적으로 활용할 수 있는 열환경 개선방안을 제시하고자 하였다. 연구내용을 요약정리하면 다음과 같다.

첫째, 전체 열온도 분포 시기는 13시가 가장 높았으나, 오후시간대인 17시에서의 온도분포와 큰 차이를 보이고 있지 않는 것으로 나타났다. 이는 오후시간대로 가면서 일사량의 차이보다는 도로 공간 인공시설물로부터의 복사열발생의 차이에 의한 것으로 분석된다. 또한 기존선행연구와 열화상카메라촬영에서와 같이 수목이 존재하는 지역의 온도가 주변보다 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 수목 식재와 친환경요소의 추가를 통한 온도저감효과를 확인할 수 있었으나, 일부 콘크리트, 아스팔트와 같은 불투수성 포장재가 우세한 지역에 있어서는 효과가 크지 않음을 알 수 있었다(특히 Site 2사례). 따라서 도로 공간의 열환경 개선과 제어를 위해서는 이러한 세부공간별 도로의 열환경적 특성을 감안한 계획기법고려가 필요하다고 판단된다.

셋째, 도로 공간에 수목 식재와 친환경계획요소를 복합적으로 실시함에 따른 온도저감효과는 관찰되었으나(Site 1과 2), 특히 주변의 녹지 공간(특히 공원)과 연계되는 경우(Site 1)에 있어서 좀 더 유의미한 효과를 나타내고 있었다. 따라서 열환경 개선과 제어를 위한 계획요소도입에 있어서 이러한 주변공간의 여건을 고려하고 연계·활용할 수 있는 방향으로 진행되어야 할 것이다.

끝으로 본 연구를 수행함에 있어서 대규모 공간(선형형태)을 대상으로 한 열환경 변화분석과 관련하여 모델링활용의 유용성을 확인할 수 있었다. 그러나 보

다 세밀하고 최적화된 분석결과도출을 위해서는 분석목적에 맞는 기초자료를 확보하기 위한 노력이 연관전공분야별로 지속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2010년 대구경북연구원의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 김중권, 2010, 도시공원 조성에 따른 미기후 환경 변화 분석 : 대구광역시를 사례로, 석사학위논문, 계명대학교 대학원 환경과학과.
- 김택균, 2004, 가로녹화현황 및 개선방안 -진주시 사례를 중심으로-, 석사학위논문, 경상대학교 산업대학원.
- 다음(Daum) 지도 서비스, 2010, <http://local.daum.net>.
- 대구세계육상선수권대회 조직위원회, 2010, <http://www.daegu2011.org>.
- 손경수, 2009, 공동주택단지 개발에 따른 바람환경변화 분석 : 대구시 신천지역을 대상으로, 석사학위논문, 계명대학교 대학원 환경과학과.
- 윤용한, 송태갑, 1998, 공원녹지가 주변 열환경에 미치는 영향, 대한국토·도시계획학회지, 국토계획, 33(1), 91-98.
- 이상석, 이상철, 1999, 광양시 가로수 식재체계 계획에 관한 연구, 순천대학교 논문집, 18, 211-229.
- 이은엽, 1995, 도시녹지의 온도영향에 관한 연구, 석사학위논문, 청주대학교 대학원 조경학과, 57-60.
- 조남훈, 1995, 지면의 포장 및 식물 피복상태가 대기온도에 미치는 영향, 순천대학교 논문집, 14, 66-70.
- 조현길, 안태원, 1999, 도시녹지에 의한 미기후개선의 기능, 한국조경학회지, 27(4), 26.
- 佐藤理人, 村上晁信, 梅干野晃, 2008, 都市街區を対象とした実現可能な緑化案に基づく顕熱負荷の抑制可能性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1121-1122.
- 鈴木弘孝, 2008, 実在街衢内での樹木配置・壁面緑化の違いによる温熱環境シミュレーション, 日緑工誌, 34(2), 399-408.
- Bruse, M., 2007, Simulating human thermal comfort and resulting usage patterns of urban open spaces with a Multi-agent System in: Wittkopf, St. and Tan, B. K.(eds), Proceeding of the 24th International Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA, 699-706.
- Envi-met 공식 홈페이지, 2010, <http://www.envi-met.com>.
- Huttner, S., Bruse, M., Dostal, P., 2008, Using ENVI-met to simulate the impact of global warming on the microclimate in central European cities in: Mayer, H.. and Matzarakis, A.(eds), 5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, October 2008, 307-312.