한국지리정보학회지 12권 1호 : 73~80(2009)

도시복원사업의 열 환경 변화 분석을 위한 ASTER 열적외 위성영상자료의 활용
-청계천 복원사업을 사례로-

조명희[1] · 조윤원[1※] · 김성재[1]

The Application of ASTER TIR Satellite Imagery Data for Surface Temperature Change Analysis
-A Case Study of Cheonggye Stream Restoration Project-

Myung-Hee JO[1] · Yun-Won JO[1※] · Sung-Jae KIM[1]

요 약

인간은 보다 질 높은 생활환경속에서 쾌적한 생활을 영위하기 위하여 친 환경적인 도시개발사업과 환경 복원사업에 많은 관심을 가지고 있다. 특히 대규모 개발사업의 경우 복원 전후의 기상환경변화 분석과 지속적인 모니터링 수행은 최근 국민적 관심인 열섬완화 효과와 바람 길조성 등과 같은 환경개선 분야에 많은 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서는 서울시 청계천을 대상으로 복원 전후의 지표 열 분포도를 작성하고 열 환경 변화를 분석하여 복원 후에 지표온도가 낮게 나타남을 알 수 있었다. 이를 위하여 ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission Reflection Radiometer)의 TIR(Thermal Infrared) 영상자료를 이용하여 도시 지표면의 온도를 추출한 후 AWS(Automatic Weather System) 기상관측자료와의 상관성 분석하였다. 향후 청계천 주변의 지표 열 패턴변화에 대한 이해와 도시 하천과 녹지의 열 완화 효과를 정량화하여 상세 도시기상 모델 개발 인프라를 마련할 수 있으리라 기대된다.

주요어 : ASTER TIR , 위성영상자료, 청계천, 복원사업, 지표 열

ABSTRACT

Recently in order to mange better life quality much effort was spent for environmental-friendly urban development project and environmental restoration project. During these projects, there should be deep understanding about atmospheric environment change

2009년 1월 29일 접수 Received on January 29, 2009 / 2009년 3월 21일 수정 Revised on March 21, 2009 / 2009년 3월 24일 심사 완료 Accepted on March 24, 2009

1 경일대학교 위성정보공학과 Dept. of Geo-satellite Information Engineering, Kyungil University

※ 연락저자 E-mail : sorabol00@hanmail.net

analysis and long term monitoring so that it would be helpful for better environment promotion such as heat island mitigation effect and wind way construction. In this study, the surface temperature environment change between before and after Cheonggye Stream Restoration Project was mapped and analyzed by using ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission Reflection Radiometer) TIR(Thermal Infrared) satellite imagery and finally the fact, that the heat island effect was mitigated, was clarified. For this study, the correlation analysis was conducted through comparing the difference between atmosphere temperature of AWS(Automatic Weather System) and surface temperature of ASTER. Furthermore, this study will be the infrastructure of urban meteorology model development by understanding surface temperature pattern change and executing quantitative analysis of heat island.

KEYWORDS : ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission Reflection Radiometer) TIR(Thermal Infrared), Satellite Imagery Data, Cheonggye Stream, Restoration Project, Surface Temperature

서 론

오늘날 첨단 산업사회에서 지속적인 대규모의 도시개발과 대도시 중심의 인구집중화와 등으로 인하여 도시지역과 산업단지 등의 지형 및 지표면 피복변화가 심각하게 발생하고 있다. 이러한 인공적인 개발은 도시의 내외 경관변화, 지형, 기온 상승, 바람장 등의 변화 그리고 대기오염 물질의 증가의 원인으로 열섬현상이나 온실효과, 스모그현상 등과 같은 이상기후현상을 초래하였다(기상연구소, 2006).

이러한 상황에서 기상환경변화분석 연구와 지속적인 모니터링 수행을 통하여 열섬완화효과, 바람 길 조성 등 친환경적인 도시환경조성 사업은 국민적 관심을 받고 있다. 서울시는 청계천로와 청계고가로의 구조물 노후화에 따른 안전문제의 근원적인 해소, 환경 친화적인 도시 공간 조성, 서울의 역사성과 문화성 회복, 장기적 주변 개발을 통한 강남과 강북의 균형 발전 도모를 위하여 2003년부터 2005년까지 5.84km로의 도심지내 대규모 청계천 복원사업을 수행하였다. 이 사업의 환경개선효과는 우선 교통량의 감소에 의한 대기 정화 효과 뿐만 아니라 바람 길 형성 및 하천 주변의 여름철 고온현상 완화효과에도 주목이 집중되고 있다.

위성영상을 이용한 열 환경 분석관련 국내외의 연구 동향을 살펴보면 국내의 경우 채효석(1999) 등은 Landsat TM 영상을 활용하여 NDVI, Albedo, 지표온도를 추출함으로서 지표면 수문인자의 변화를 분석하였으며 박민호(2001)는 Landsat 열적외 데이터를 이용하여 관악산, 북한산 등 수림지역과 도시열섬현상에 관한 연구를 수행하였으며 조명희 등(2007)은 ASTER 영상과 AWS 관측자료를 이용하여 서울시의 열 환경의 분석에 대하여 연구를 수행한바 있다.

외국의 경우 Yuko Fukui(2003)은 ASTER 영상을 이용하여 도쿄 시가지의 지표온도 패턴에 대하여 분석한바 있고 최광영(2004)은 ASTER 열적외선 이미지를 이용한 미국 뉴저지 일대의 열섬 현상 탐지를 수행하였다.

본 연구에서는 서울시 청계천을 대상으로 청계천 복원 전후의 지표 열 분포도를 작성하여 지표 열 환경 변화를 분석하였다. 이를 위하여 ASTER TIR(Thermal Infrared) 위성영상자료를 이용하여 도시 지표면의 온도를 추출한 후 AWS 기상관측자료와의 상관성 분석하였다.

특히 과거 도시지역의 열 환경 분석을 위해서는 주로 Landsat TM/ETM+ 위성영상 자료를 사용하였으나 2003년 5월 위성 센서의 고장으로 위성영상 자료의 사용이 불가피하게 됨으로써 ASTER TIR자료로 대처되고 그 활용성이 부각되는 실정으로 본 연구에서는 다양한 위성영상 자료를 이용하여 도시환경에 대한 해석과 향후 청계천 주변의 지표 열 패턴변화에 대한 이해와 도시 하천과 녹지의 열 완화 효과를 정량화하여 상세 도시기상 모델 개발 인프라 마련하고자 한다.

연구자료 및 방법

본 연구에서는 대규모의 도시복원사업을 마친 청계천 복원지역의 지표면 온도 추출을 위하여 ASTER 2B03 Product 영상을 이용하였으며 위성영상의 촬영 시기는 2004년 04월 17일(AM 10:30) 촬영된 영상과 2006년10 월 7일(AM 11:27)에 촬영된 2 Scene을 사용하였다(그림 1).

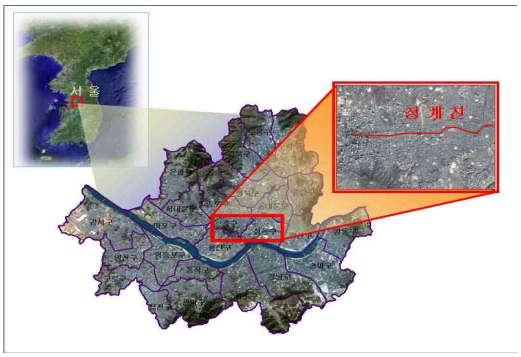

FIGURE 1. 연구 대상지역

TABLE 1. ASTER 표준 프로덕트 분류

기 호	명 칭	센서(주)	지상 분해가능
레벨1A	레벨1A	V1, V2, S, T	V1(15m), V2(15m), S(30m), T(90m)
레벨1B	레벨1B	V1, V2, S, T	V1(15m), V2(15m), S(30m), T(90m)
2A02	상대 방사율	T	90m
2A03V	상대 방사율 VNIR	V	15m
2A03S	상대 방사율 SWIR	V	30m
2B01V	지표면 방사 휘도 VNIR	V	15m
2B01S	지표면 방사 휘도 SWIR	S	30m
2B01T	지표면 방사 휘도 TIR	T	90m
2B03	**지표면온도**	**T**	**90m**
2B04	지표면 방사율	T	90m
2B05V	지표면 반사율 VNIR	V	15m
2B05S	지표면 반사율 SWIR	S	30m
3A01	지형 보정 화상	V1, V2, S, T	V(15m), S(30m), T(90m)
4A01	상대 DEM XYZ	V2	30m
4A01	상대 DEM Z	V2	30m

본 연구에서 청계천지역의 지표열을 추출하기 위해 활용된 ASTER영상은 1992년 NASA와 일본의 MET, ERSDAC에 의하여 발사되어 현재 15m, 30m, 90m의 해상도를 가지며 VNIR(Visible and near Infrared), SWIR (Shortwave Infrared), TIR(Thermal Infrared)의 3개의 센서를 탑재하고 있다(표 1).

영상 전 처리에 있어 ASTER 2B03 Product는 기본적인 방사량과 기하보정이 수행된 영상이지만 더 정확한 위치보정을 위하여 IMAGINE 8.6을 이용하여 기하보정을 수행하고, 내삽법에 있어서는 Nearest Neighbor Method를 이용하여 90m×90m로 재배열(Resampling)하였다.

본 연구에서는 서울시의 지표면 온도 추출을 위하여 ASTER 2BO3 Product 영상을 이용하였으며 위성영상의 촬영 시기는 2004년 04월 17일(AM 10:30) 촬영된 영상과 2006년 10월 7일(AM 11:27)에 촬영된 영상 2 Scene을 사용하였다.

현지 관측자료인 AWS 대기온도 자료와 위성영상 자료에서 추출한 지표온도 자료를 이용한 대기온도와 지표온도 차의 추정을 위하여 위성영상 촬영 시간과 동일한 시간대의14개 지점 분당 AWS 관측소 자료(AM 11:27)를 사용하였다.

아울러 청계천을 기준으로 청계천 복원 전과 복원후의 거리에 따른 지표 온도 변화분석을 위하여 청계천을 나타내는 선형 데이터를 이용하여 반경 1㎞까지 100m간격의 Buffer데이터를 생성하였으며, 이를 기반으로 청계천을 중심으로부터 거리에 따른 평균 지표온도를 추출하였으며 효율적인 시각적 분석을 위하여 도출 결과 값의 기본 베이스 맵으로 고해상 위성영상인 IKONOS(2002년)을 이용하였다.

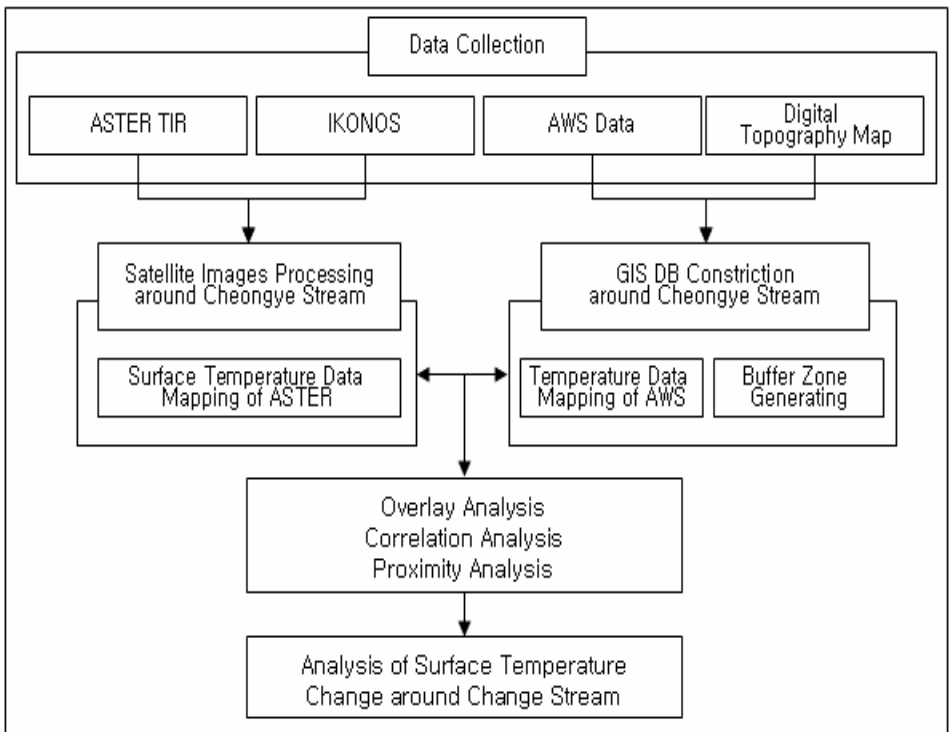

FIGURE 2. 연구흐름도

ASTER TIR 영상을 이용한 청계천 복원전후의 열 환경 변화 분석

1. ASTER 영상을 이용한 지표온도 분포도 작성

본 연구에서는 ASTER 영상은 2002년 4월 17일 획득한 영상 취득범위가 서울시 전체(614.89㎢)를 포함하고 있는 반면 2006년 10월 7일 영상데이터의 취득 범위가 전체 면적에서 44.7%인 275.04㎢로 서울시 전체를 포함하고 있지 않는 관계로 취득된 영상 중 청계천을 포함하고 있는 청계천 일대의 영상 데이터만을 활용하였다.

일반적으로 지표 열을 추축하기 위해서는 Landsat TM/ETM+ 영상에 NASA Model (Markham and Becker, 1986)이 사용되어왔으나 NASA Model은 지구와 대기사이의 방사가 일정하다는 가정 하에 센서의 검정상수를 이용하여 지표온도 값을 추출하는 방법이므로 정확한 지표온도 Data를 취득할 수가 없는 단점이 있다(조명희 외 2006).

하지만 ASTER 2B03 Product 영상은 영상 취득 당시의 대기조건(emission, absorption, scattering) 을 고려하여 대기보정을 수행한 영상으로써 지표온도 추출에 있어서 Landsat TM/ETM+ 영상보다 보다 정확한 지표온도 Data를 취득할 수 있는 것으로 판단되며 ASTER 2B03 Product 영상에서 표현되는 지표온도는 Kelvin 온도이므로 본 연구에서는 섭씨온도로 단순 변환하여 청계천 일대의 지표온도 분포도를 작성하였다.

$$T = ATP / CC - CTS$$

T = Celsius temperature scale

Ⅰ. ATP = ASTER Thermal Infra Red Products (2B03)

Ⅱ. CC = Correction Constant (10)

Ⅲ. CTC = Celsius temperature scale Conversion Constant (-273.15℃)

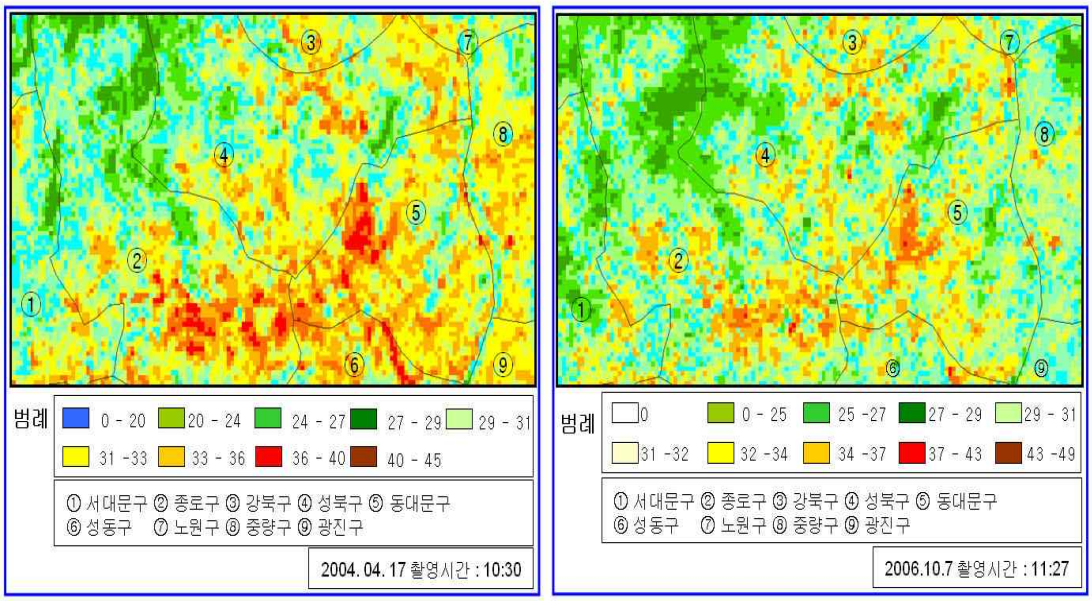

FIGURE 3. 청계천 일대 지표온도 분포도

2. AWS자료의 대기온도와 위성영상 자료의 온도차 추정

AWS자료 관측소의 대기온도와 지표온도의 정확한 온도차 측정을 통하여 정밀한 대기온도 예측에 적용하고자 현지관측 자료인 AWS 자료(AM 11:27)의 대기온도 값과 ASTER 영상(2006. 10.07 AM 11:27 촬영) 자료의 지표온도 값의 온도차를 비교하여 분석하였다.

2006년 10월 7일 촬영된 ASTER 영상 Full scene 범위에 포함되는 14개 지점의AWS 관측소 자료를 사용하였다(그림 4). 동대문의 AWS 관측지점(24.6℃)과 위성영상 자료(34.6℃), 은평의 AWS 관측지점(23℃)과 위성영상 자료(33℃)가 10℃의 차이를 보여 가장 큰 온도차를 보였으며 도봉 AWS 관측지점(23.5℃)과 위성영상 자료(27.7℃)의 온도차가 4.2℃의 가장 작은 온도차를 나타내고 있었다. 전체적으로 14개 지점의 AWS 관측지점과 위성영상 자료의 평균 온도차는 6.9℃로 나타났다(표 2).

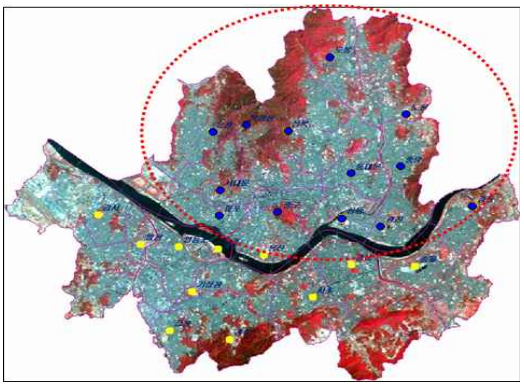

FIGURE 4. 대기온도와 지표온도 측정을 위한 AWS 관측 표본점

3. 근접성 분석을 이용한 청계천 복원 전후 비교 분석

본 연구에서는 청계천이 복원되기 전후를 청계천 중심으로 거리에 따른 지표온도의 분포 특성을 알아보고자 고해상 위성영상(IKONOS)을 기반으로 ASTER 위성영상 자료를 이용한

TABLE 2. AWS 대기온도와 위성영상의 지표온도 차

No.	AWS관측지점		AWS (2006.10.7.11:27)	지표온도 (2006.10.7.11:27)	온도차이 (℃)
1	402	강동	23.3	28.8	5.5
2	406	도봉	23.5	27.7	4.2
3	407	노원	22.6	31.0	8.4
4	408	동대문	24.6	34.6	10.0
5	409	중랑	22.8	32.6	9.8
6	412	서대문	24.6	29.1	4.5
7	413	광진	23.1	31.6	8.5
8	414	성북	22.8	29.0	6.2
9	416	은평	23.0	33.0	10.0
10	420	북한산	21.3	27.2	5.9
11	421	성동	23.3	31.8	8.5
12	541	사능	23.1	27.8	4.6
13	569	구리	22.5	31.7	9.2
14	540	고양	24.4	30.2	5.8
		평균 온도차이		6.9	

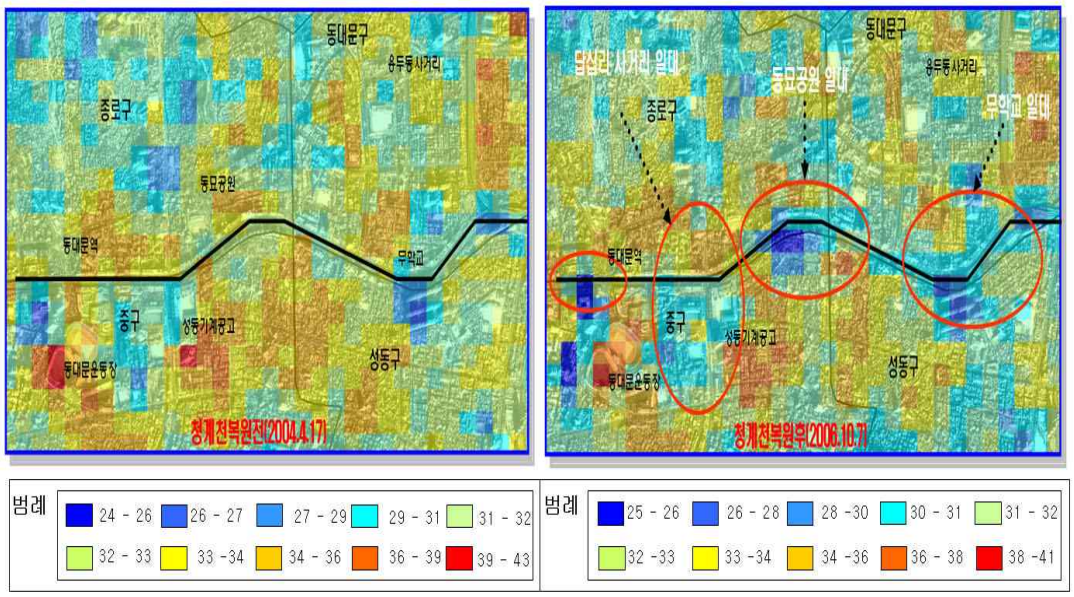

FIGURE 5. 청계천 복원 전후의 지표온도 변화 분포도

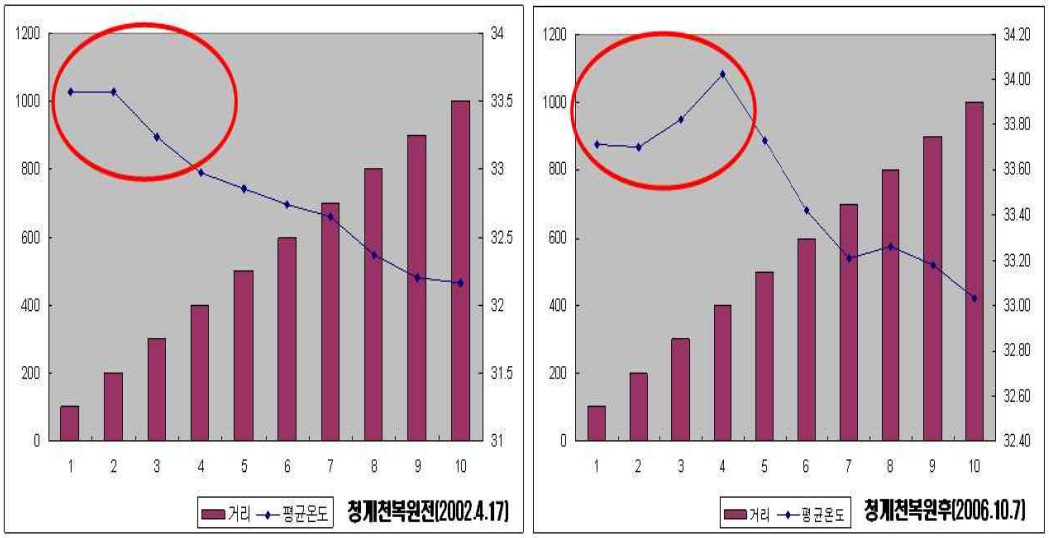

그림 6. 청계천 일대의 복원 전후의 지표온도 변화 그래프

지표온도 분포도를 중첩하여 이를 기초로 GIS 공간분석 중에 하나인 근접성분석을 실시하였다(그림 5).

근접성 분석에 있어서는 일정한 거리 즉 청계천을 중심으로 양 방향으로 100m씩 구분지어 해당거리 안에 포함되어 있는 지표온도 값을 추출하여 청계천 일대의 거리에 따른 분포 특성을 알아보았다. 청계천 복원 전 고가도로

를 기준으로 1km 근접해 있는 지역의 평균온도를 산출해 본 결과 32.75℃로 서울시 평균보다 2.82 ℃높은 것으로 나타났으며 청계천 복원 전 고가도로를 기준으로 거리가 멀어 질수록 지표온도가 낮게 나타난 것을 알 수 있었다. 청계천 복원전의 평균온도와 거리에 따른 반비례 현상이 청계천 복원 후 청계천을 기준으로 400m까지는 비례적인 현상을 보이다가 500m 지점에서는 반비례적인 현상이 나타났다. 이는 500m 지점에서부터는 지표 피복물이 녹지 공간(산림)을 포함하고 있으므로 이에 따른 결과로 판단된다.

결 론

본 연구에서는 원격탐사기법과 GIS의 공간분석기법을 활용함으로써 도시환경 변화에 따른 도시지표 열 변화의 원인 분석에 보다 체계적이고 효과적으로 접근할 수 있었다. 현지관측자료인 AWS자료(AM 11:27)의 대기온도 값과 ASTER 영상(AM 11:27 촬영) 자료 지표온도 값의 온도차를 비교해 본 결과 가장 큰 온도차는 10℃, 가장 작은 온도차는 4.2℃의 차를 나타내고 있었으며 평균적으로는 6.9℃의 차가 나타났다. 이를 기반으로 위성영상의 지표온도 자료를 이용하여 대기온도 예측에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

지표온도 분포도의 시기적인 차이로 인하여 직접적인 비교는 어렵지만 청계천 복원에 따른 주위환경의 지표온도가 복원 전에 비하여 상대적으로 온도가 낮게 나타나는 것을 알 수가 있었다. 이는 도심지에 하천과 같은 자연환경이 조성됨에 따라 지표온도가 낮아지는 특성을 대변하는 것으로 향후 도심 온도상승 억제와 같은 도시 국지기후 개선을 위하여 위성영상 자료의 활용이 반드시 필요할 것으로 판단된다.

그러나 자료 수집에 있어 위성영상자료 특성상 청계천 복원 전후의 동일한 날짜에 자료를 획득하기란 위성궤도 및 기후 환경 등에 따른 문제로 인한 데이터 확보에 한계성을 가지고 있다. 향후 효율적인 도시 열 환경 분석을 위해서는 현지관측자료 AWS와 위성영상자료와의 대기 및 지표온도 비교분석에 있어서 GPS를 이용한 향상된 위치 정확도를 기반으로 비교 및 분석이 수행되어야 할 것이며 주기적인 영상 획득과 분석을 통한 장기적인 청계천 일대의 지표 열 변화 탐지가 수행되어야 할 것이다. KAGIS

참고 문헌

기상연구소. 2006. 기상환경영향평가를 위한 GIS 및 위성영상 활용기법개발 보고서. 34-87쪽.

박민호. 2001. LANDSAT TM 열적외 데이터를 이용한 도시열섬현상에 관한 연구. 대한토목학회논문집(21)6: 861-874.

조명희, 최병철, 김성재, 유성옥. 2006. 열적외 센서를 이용한 지표온도 추출 모델별 특성 분석. 2006년 한국지리정보학회 추계학술발표대회. 139-144쪽.

조명희, 김성재, 조윤원, 김연희. 2007. RS/GIS를 이용한 청계천 복원에 따른 지표 열 환경 분석. 2007년 대한원격탐사학회 춘계학술발표대회. 320-325쪽.

채효석, 송영수. 1999. Landsat TM자료를 이용한 지표면 수문인자 변화 분석. 한국지리정보학회지 2(3):46-59.

최광영. 2004. ASTER 열적외선 이미지를 이용한 열섬 현상 탐지: 뉴저지를 사례로. 2004년 대한지리학회 춘계학술대회논문집. 56-56쪽.

Yuko Fukui, 2003, A Study on Surface temperature patterns in the Tokyo Metropolitan area using ASTER data, Geosciences Journal 7 (4) pp.343-346. KAGIS