

신도시 개발이 도시열섬 형성에 미치는 영향¹⁾

- 분당신도시와 판교지역을 중심으로 -

송영배

서울여자대학교 자연과학대학 환경생명과학부
자연과학연구소 도시기후연구센터

Influence of New Town Development on the Urban Heat Islands - In the Case of Pan-Gyo Area and Bun-Dang New Town -

Song, Young-Bae

Centre for Urban Climate Research
Seoul Women's University

ABSTRACT

The main purpose of this research is to discuss the urban heat island which will be caused by urbanization, especially by the construction of new town on a wide green zone.

Over the last ten years, five new towns have been developed around the Seoul metropolitan area. However these new towns become bedroom communities and create traffic problems between Seoul and its surrounding areas because of an increase in population and a lack of roads and other infrastructures.

The construction of another such new town is under consideration in the Pan-gyo area. But it is important that Pan-gyo remains a wide green zone. Many studies show that green space can play an important role in improving urban eco-meteorological, ameliorative capability and air hygiene.

The objective of this study is to analyze the urban heat islands of Bund-Dang Si which was constructed in 1996 and of the Pan-Gyo area planned as new town. To investigate the local thermal environment and its negative effects caused by change of the land use type and urbanization, we used LANDSAT TM images for extraction of urban surface temperature according to change of land use over 15 years. These data were analyzed together with digital land use and topographic data.

As a study result, we found that the thermal island of this area from 1985 to 1999 rapidly increased with a difference of mean temperature of more than +2°C. Before construction of Bun-Dang Si the temperature of this area was the same as the forest, but during the new town construction in 1991, an urban heat island

developed. The temperature of forest with a size of over 50% of the investigation area was lowest, which leads us to conclude that the forest cools the urban and its surroundings. The mean temperature of the residential and commercial area is more than +4.5°C higher than forest, so this method of land use is the main factor increasing the urban heat island.

Urban heat islands and green space play an important role in urban wind systems, i.e. Thermal Induced Air Exchange and Structural Wind Circulation, because of their special properties with regard to energy balance between constructed urban and land. The skill to allocate land use types in urban areas is a very important planning device to reduce air pollution and induce the fresh cold air from green space. An urban climatic experiment, featuring a numerical wind simulation study to show the air corridor will be published in a following research paper.

Key Words : Urban Heat Island, New Town Development, Urban Climate, Landsat TM Band 6, Air Corridor

1. 서론

1. 문제제기

1980년대 후반 수도권 지역에 건설된 5개 대규모 신도시의 대부분은 서울에서 약 30km의 범위 내에 위치하고 있다. 이들 신도시가 갖는 여러 가지 문제점에도 불구하고, 최근 들어 대량의 택지공급이 가능한 신도시 개발이 재검토되면서(건교부, 2001), 판교신도시 개발을 위한 "성남판교지구 기본구상 및 개발수요연구"(국토연구원, 2002)가 진행 중이다.

이 같은 도시의 개발은 건축구조물과 지형변화에 의한 태양열수지의 변화, 생활 및 생산활동에 의한 에너지의 집중적 소비와 폐열발생, 대기오염 물질의 증가 등은 도시와 주변지역과의 뚜렷한 온도 차이를 보이는 도시 열섬(urban heat island)을 형성시키며(Landsberg, 1973; Oke, 1987; Klysiak and Fortuniak, 1999; Steinecke, 1999; Saaroni *et al.*, 2000; Eliasson, 2000), 도시의 전반적인 기후현상을 변화시킨다(Gomez *et al.*, 1998; Lazar and Podesser *et al.*, 1999). 특히 중관적 기상상태에 크게 좌우되는 도시와 자연지역 간의 기온차는 미기후의 차이, 복사전달 및 난류에 의한 에너지 교환에 기인하게 되는데, 도시열섬 현상은 국지적 대류체계인 Thermal Induced Air Exchange와 Structural

Wind Circulation(Baumüller, 1997)를 교란시킴으로서 도시 주변지역의 녹지에서 형성된 차고 신선한 공기의 도시지역으로의 유입과 대기오염물질의 확산을 방해하며, 또한 그 원천적인 대류기능을 차단하게 된다. 이 같은 도시열섬은 서울지역에서도 나타나고 있다(이현영, 1989; 이용식, 1990; 박민호, 2001).

판교지역은 신도시 개발예정지로서 서울지역의 도시 열섬의 형성과 확장에 큰 영향을 미칠 수 있다는 점에서 시사하는 바가 크다. 판교신도시 개발의 문제점(이원영, 2001; 안건혁, 2001; 황희연, 2001)이외에 도시 기후환경 측면에서 판교지역의 녹지가 파괴됨에 따라 1)국지적인 열섬이 형성되며, 2)수도권 광역녹지축의 단절과 파편화가 심화되며, 3)도시지역과 광역녹지 간의 대류순환 기능이 현저하게 약화된다. 이로 인해 수도권 지역의 지역(region) 및 국지(local)적인 기후체계, 특히 서울지역으로의 차고 신선한 공기의 유입을 촉진하는 대류체계에 변화를 가져옴으로서 대기오염물질의 확산과 신선한 공기의 유입을 방해하며, 교통에 의한 대기오염원의 증가에 따른 바이오 기후의 악화를 가져올 것 수 있다.

2. 연구목적

도시지역 대기오염의 자연정화는 도시의 녹지로 대표되는 공원과 주변의 산지 및 그린벨트에서 형성된 차

고 신선한 공기를 동적 공기교환(dynamic air exchange)과 구조적 바람의 순환(structural wind circulation)(Baumueller, 1998)이라는 국지적인 대류 메카니즘을 통해 도시지역에 신선한 공기를 유입시키고, 대기오염물질을 도시외곽으로 배출하여 도시 대기환경의 질을 개선하는 것을 의미한다(송영배, 2001). 또한 도시내부에서도 공원녹지와 주변지역 사이에 열대류를 촉발시킴으로서 녹지의 필터링을 통한 도시의 바이오 기후의 개선과 함께 국지적인 규모에서도 대기환경을 개선할 수 있다.

본 연구의 목적은 도시열섬 및 녹지의 도시기후 개선 기능의 분석에 있다. 이를 위해 토지피복상태 변화로 인한 대상지 표면온도의 상대적 변화 비교와 도시화된 지역의 열섬 분포패턴 및 강도 특성 파악에 중점을 두었다. 이는 열적으로 유도된 대류현상과 공기의 동적 교환 프로세스 분석하는데 필요한 기본자료를 제공한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상지 및 범위

연구대상지는 1989년 8월에 착공하여 1996년 12월에 개발 완료된 분당신도시와 현재 신도시 개발계획이 수립 중인 판교지역을 중심으로 약 22km × 22km의 지역이며, 강남, 수서 및 용인 일부지역을 포함하고 있다. 특히 분당시와 신도시 개발예정지인 판교지역을 자세하게 분석하였다. 시간적 범위는 1985년 분당신도시 개발 이전부터 1999년까지 15년 간이다.

판교 신도시 개발예정지는 성남시 분당구 판교동, 삼평동, 수정구 사송동 지역을 포괄하는 면적 280만평의 토지자원으로서 자연녹지(21%)와 보전녹지(79%)로 구성되어 있다. 또한 위 지역은 수도권 5개 주 녹지축의 하나로써, 검단산(팔당호)-청량산(남한산성)-국사봉(판교)-청계산-관악산을 잇는 동서축과 연계되어 있다(그림 1 참조). 특히 판교지역의 북측과 서측은 개발제한 구역에 면해 있으며, 판교동, 삼평동 일원은 남동측으로 분당 중앙공원-불곡산과 이어지며, 북서측으로는 서울 인릉산으로 이어지는 도시내 녹지축의 주요 축

선상에 위치하고 있다. 이같은 광역녹지축은 녹지자연도 7·8등급의 지역으로서 자연환경 및 도시기후학적 측면에서 보전가치가 높은 지역이 매우 광범위하게 분포되어 있다.

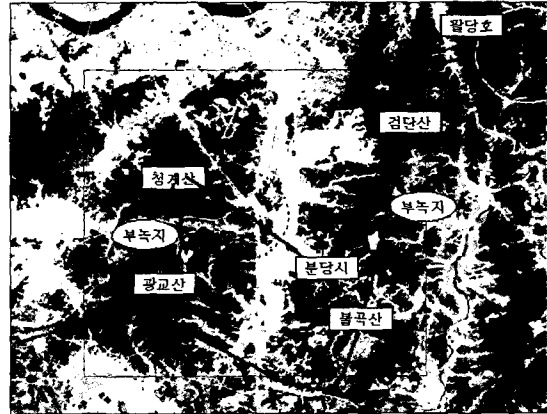


그림 1. 연구대상지 및 광역녹지축
 범례: □: 연구대상지; —: 녹지축; ○: 판교지역 개발예정지

2. 연구자료

도시열섬을 분석하기 위해 성남시 일대 판교지역을 포함하는 Landsat TM(Path/Row: 115/34) 영상의 Band 6(10.40 ~ 12.50 μ m)을 이용하였으며, 취득된 영상 중 1996년 분당 신도시개발 완료를 기점으로 신도시 개발 이전과 개발 중, 개발 이후로 구분하여 지역 열분포 특성을 분석하였다(표 1 참조). 이를 위해 지상 자동기상관측(AWS) 자료(기상청, 2002), 토지이용현황도(국립지리원, 축척 1:50,000), 수치지도(국립지리원, 축척 1:5,000) 등을 기본자료로 활용하였으며, 영상의 처리와 공간통계를 위해 상용 소프트웨어인 ERDAS IMAGINE Rel. 8.3.1. (ERDAS Inc., 1999)과 GIS 소프트웨어

표 1. Landsat TM Band 6의 열적의 데이터 취득일자

구분	촬영일자	비고
1	1985. 05. 14	분당 신도시 개발이전
2	1991. 05. 31	분당 신도시 개발 중
3	1993. 05. 20	분당 신도시 개발 중
4	1996. 09 01	분당 신도시 개발완료
5	1997. 10. 06	분당 신도시 개발 후
6	1999. 05. 21	분당 신도시 개발 후

트웨어인 ArcView Rel. 3.1. 및 ArcGIS Rel. 8.1 (ESRI Inc., 2000)을 사용하였다.

3. 열적외 데이터 처리 및 분석방법

영상들은 1:5,000 축척의 수치지형도를 지리참조자료(geo-referencing data)로 이용하여 기하보정 하였다. 대상지의 지형변화가 심하여 영상을 2차 다항변환(Polynomial transformation)하였으며, 각 화소값이 변하지 않도록 최근린연산(Nearest Neighbor Resampling)하여 한 화소의 크기가 30×30m이 되도록 하였다.

Landsat TM의 열적외 데이터로부터 표면온도로 변환하는 방법은 여러 개의 회귀모델 실험식이 있으나, 본 연구에서는 NASA에서 공표한 식에 따라 절대방사휘도(L)(식 1 참조)와 표면온도(Ta)(식 2 참조) 및 실제온도(Ts)(식 3, 4 참조)를 추정하였다(Nichol, 1994; Teillet *et al.*, 2000).

$$L = 0.005632157 \times V + 0.1238 \quad (\text{식 } 1)$$

$$Ta = 21260.56 / \ln(60.776/L + 1) \quad (\text{식 } 2)$$

$$L = \sigma Ta^4 \quad (\text{식 } 3)$$

$$L = \sigma Ts^4 \epsilon \quad (\text{식 } 4)$$

여기서, L= 절대방사휘도

V= 열적외 데이터 수치

Ta= 외견상 온도(Apparent Temp.)

Ts= 실제온도

ϵ = 방사율

4. 척도의 변환

본 연구에 활용된 열적외 데이터의 취득일자는 1985, 1991, 1993 및 1999년 5월이며, 1996과 1997년에는 각 9월말과 10월초이다. 지표면의 평균 방사율에 따라 위의 식을 이용하여 산출된 화소별 온도는 지표면의 특정 위치에서 온도계를 이용해 직접 측정한 기온과는 차이가 있으며(표 2 참조), 동일한 시기에 취득된 열적외 데이터라 하더라도 당시의 기상개황에 따라 지표면의 온도 변화가 가능하여 시계열적 비교분석이 어렵다고 판단된다. 따라서 대상지역의 정확한 온도를 추출해내기 보다는 도시개발에 따른 열환경 해석과 열섬현상의 분석

이 주목적이므로 각 촬영일자별 열적외 데이터의 평균 온도를 산출하고, 이를 기준으로 각 화소별 표준편차를 구하여 0, 양의 값 4단계, 음의 값 4단계로 구분하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 연구대상지 열환경 분석

분당신도시가 개발되기 이전인 1985년부터 신도시 개발 후인 1999년도까지 6개의 TM Band 6의 열적외 데이터를 분석한 결과를 바탕으로 지표면 평균온도를 산출하고(표 3 참조), 이를 중심으로 각 화소별 표준편차를 양과 음의 4단계로 분류하여 나타낸 그림이다(그림 2 참조). 분석된 지표면 온도의 범위와 평균값은 표 2와 같이 5월중에 촬영된 Band 6의 4개년도 온도분포는 9.0℃에서 44.0℃까지 분포되어 있으며, 평균온도는 21.4℃에서 29.3℃까지 분포되어 있다. 이와는 달리 1997년 10월에 수집된 열적외 데이터의 평균온도는 15.2℃로서 계절의 변화에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 분석결과 중 특이사항은 1991년과 1993년 5월의 최고 온도가 각각 44℃와 43℃를 나타내고 있는데, 이와 같은 예상외의 온도를 나타내는 화소를 찾아본 결과 5화소 미만의 소수에 불과하며, 데이터의 결함이나 지표면 반사 등으로 이와 같은 현상이 발생할 수 있다고 판단된다. 따라서 해당 화소를 임의로 삭제하거나 화소의 최소단위를 설정하여 온도범위를 제시하는 것이 임의적일 수 있으므로 분석결과를 그대로 제시하였다.

표 2. Landsat TM Band 6의 촬영일자별 지표면 평균온도와 온도 분포범위

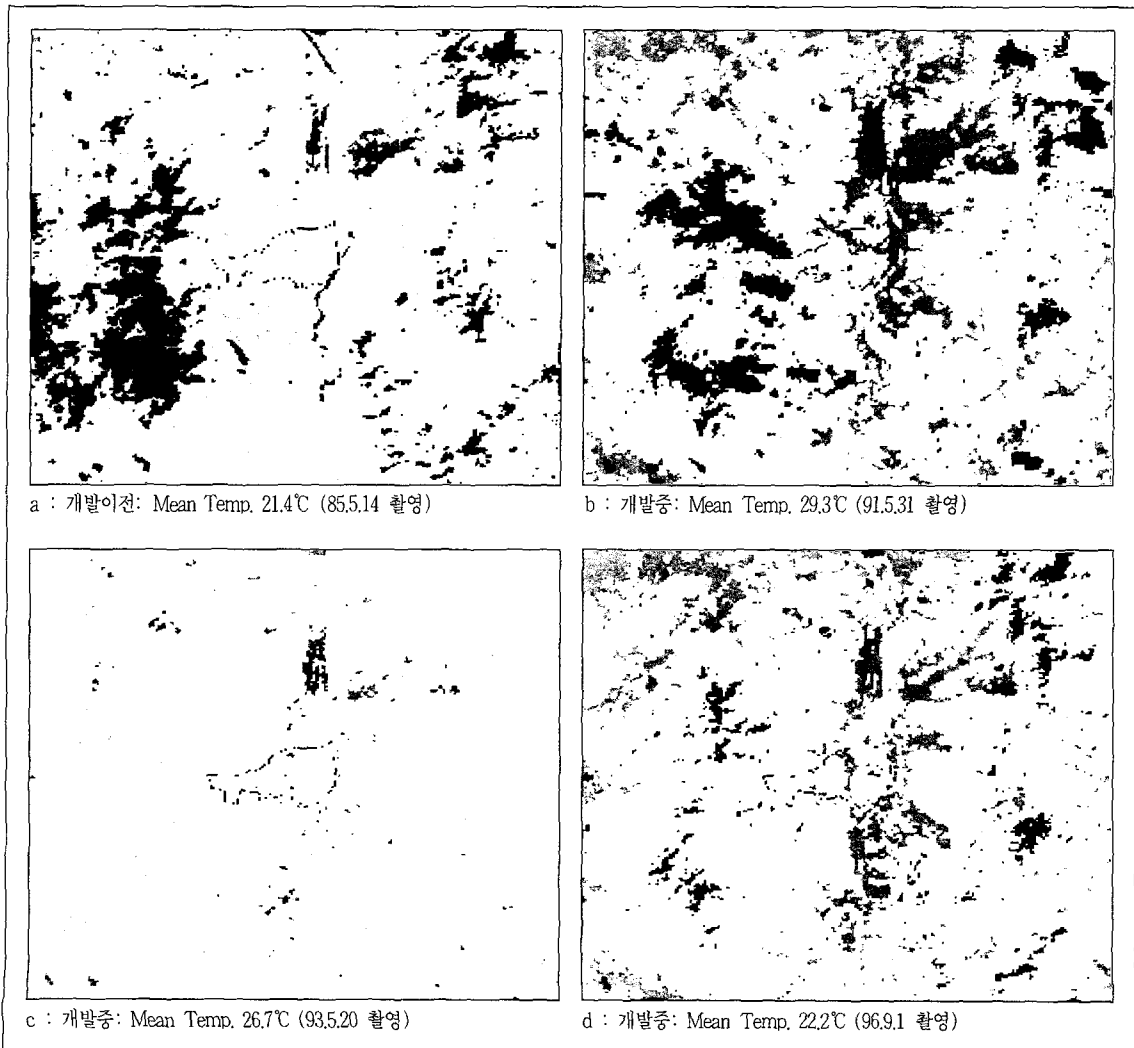
구분	촬영일자	온도분포 범위 (최저-최고:℃)	지표면 평균온도(℃)	비고
1	1985.5.14	10.8 - 34.9	21.4	개발이전
2	1991.5.31	9.0 - 44.0	29.3	개발 중
3	1993.5.20	20.0 - 43.0	26.7	개발 중
4	1996.9.01	17.0 - 35.0	22.2	개발 중
5	1997.10.6	9.0 - 28.0	15.2	개발 후
6	1999.5.21	17.0 - 36.0	22.6	개발 후

1) 성남시가지와 분당·판교지역의 열환경 분석 (1985년 5월 14일 기준)

연구대상지의 세부 지역별 열환경을 분석해 보면 다음과 같다. 성남시가지의 지표면 온도의 분포는 최저 10.8℃의 임목지에서 최고 34.9℃의 도심지이며, 평균온도는 21.4℃이다. 평균온도를 기준으로 산출한 세부지역별 표준 편차를 살펴보면, 표준편차가 +2.0 이상인 지역은 성남시가지와 성남비행장에 집중되어 있으며, 위 지역의 지표면 온도는 25.1℃ ~ 33.9℃로서 주변 임목지의 온도보다 최저 7.1에서 최고 15.9까지 높은 것으로 나타났으며, 하천/호수보다 최고 13.7℃의 기온차이

를 나타내고 있다(그림 2a, 3a, 3b 참조). 또한 위 지역의 열섬은 도시의 확장과 개발이 진행되면서 계속 확대되는 것으로 나타났으며, 분당신도시가 개발 중인 1991년부터는 성남시가지 뿐만 아니라 분당신도시 개발지에서도 열섬현상을 뚜렷이 관찰된다(그림 2b, d~f 참조).

이와는 달리 그림 3c와 d는 신도시 개발이전의 분당·판교지역으로서 주변의 임목지와 유사한 온도분포를 나타내고 있다. 분당·판교지역의 지표면 온도는 평균온도 21.4℃를 기준으로 표준편차 0.0 ~ +1.0의 범위인 19.6℃ ~ 21.4℃를 나타내고 있으며, 이때 하천과 호수는 지역의 최저온도인 17.7℃~19.6℃로서 지역의



(그림 2 계속)

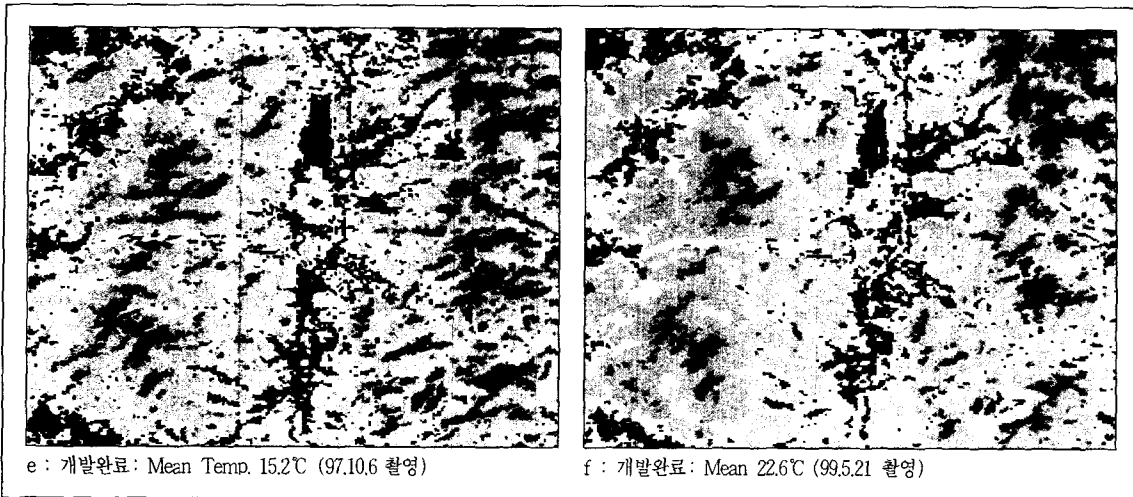


그림 2. 연구대상지의 온도 분포도(1985.5~1999.5)

범례: 표준편차 ■<-3: ■-3~-2: ■-2~-1: □-1~0: □0~1: ■1~2: ■2~3: ■>3

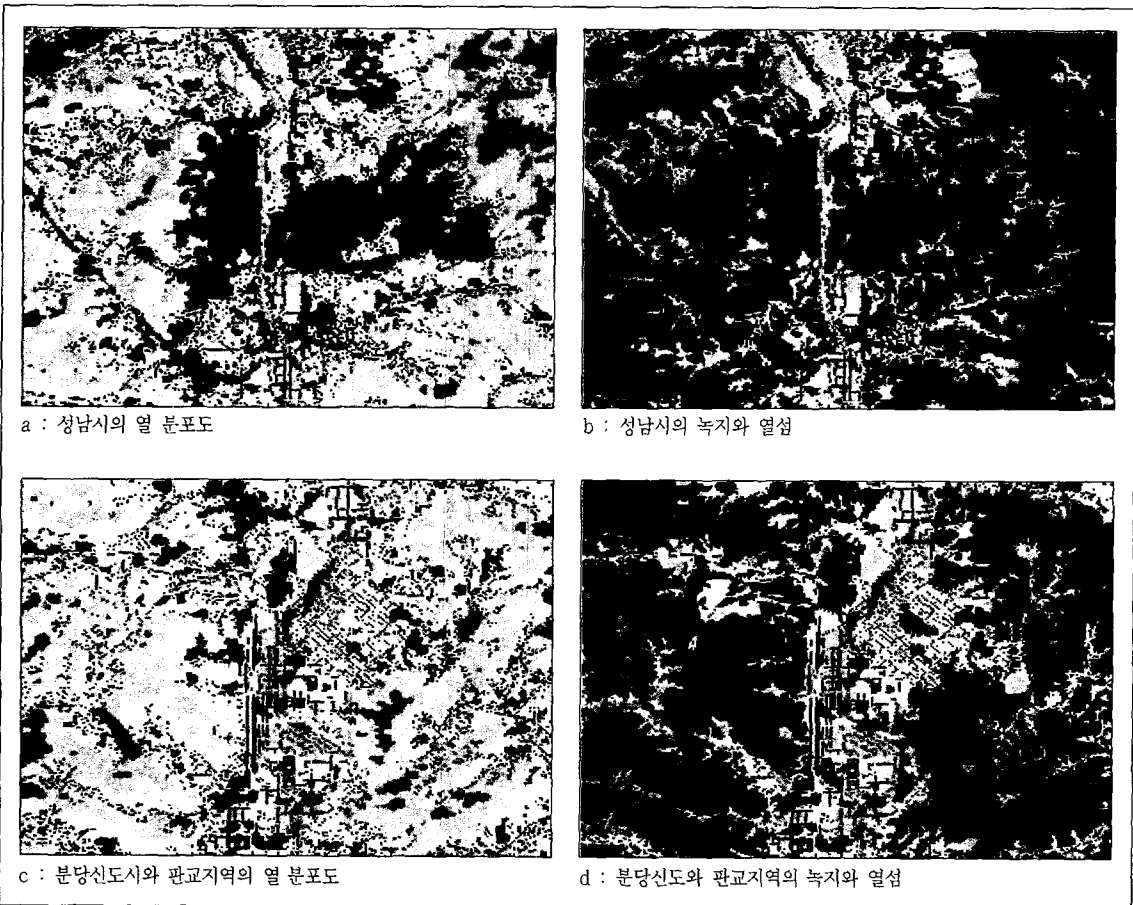


그림 3. 성남시 및 분당판교지역 열환경 분석(1985.5.14)

범례: 표준편차 ■<-3: ■-3~-2: ■-2~-1: □-1~0: □0~1: ■1~2: ■2~3: ■>3: ■: 임목지

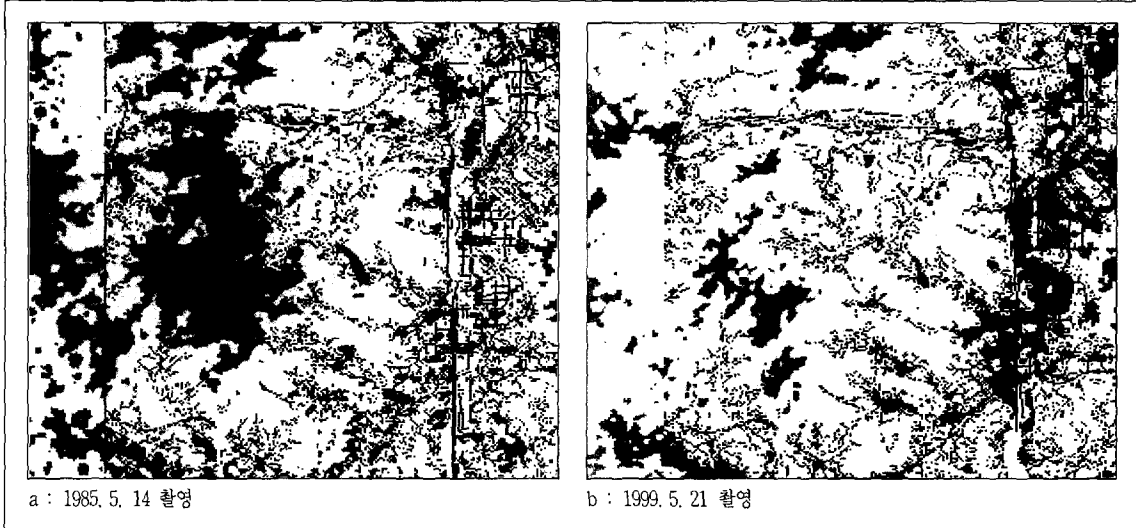


그림 4. 녹지의 열환경 분석

범례: 표준편차 ■:<-3; ■:-3~-2; ■:-2~-1; □:-1~0; □:0~1; □:1~2; ■:2~3; ■:>3

평균기온보다 최고 3.7°C의 차이를 나타낸다.¹⁾

2) 고속화 도로 지역

1985년도의 열적외 데이터에 의하면 서울 외곽순환도로와 내곡-분당간 고속화도로에서는 도로포장으로 인한 지표면 온도의 상승이 비연속적으로 감지된 반면(그림 2a 참조), 신도시 개발 이후에는 도로 및 주변지역의 열섬이 연속적인 선형대로 뚜렷이 나타나고 있는데(그림 2f 참조), 이는 도로의 포장과 함께 차량 통행량의 증가에 따른 폐열일 것으로 사료된다.

3) 녹지지역

주목할 만한 점은 연구대상지의 녹지의 열환경으로서, 신도시 개발 이전인 그림 4a의 자료에 의하면 경부고속도로(온도범위: 21.4 ~ 23.3°C)를 중심으로 오른편의 분당신도시 개발예정지는 21.4°C ~ 19.6°C의 온도분포를 나타내고 있으며, 왼편의 광교산 및 청계산 지역은 경부고속도로로부터 직선거리 약 5km까지는 평균적으로 분당신도시 개발예정지와 유사한 온도분포를 나타내고 있다. 그러나 경부고속도로로부터 약 5~10km의 임목지 지역에서는 평균온도(21.4°C)보다 낮은 지역, 즉 표준편차의 범위가 -1.0 ~ -3.0으로서 온도범위 17.7°C~ 15.8°C의 온도분포를 보이며, 온도차는 3.

7°C ~ 5.6°C이다.

그러나 분당신도시가 개발된 이후인 그림 4b에 의하면 분당·평촌 신도시의 개발, 과천, 안양 및 의왕지역의 도시개발 및 확장으로 인한 국지적 열섬이 1985년에 비해 두드러지게 나타나고 있다. 또한 이들 도시에 의해 둘러싸인 광교산과 청계산 지역 온도의 표준편차 범위는 0 ~ -1.0(온도범위: 19.3°C~22.6°C)로서 평균온도(22.6°C)와의 온도차는 0 ~ 3.3°C이며, 1985년도보다 온도차가 크게 줄어든 것으로 나타났다. 이 같은 현상은 청계산과 광교산 주변의 도시의 확장 및 신도시 개발이 진행되고 경부고속도로, 서울외곽순환도로와 내곡-분당간 고속화도로에 의한 녹지가 단절과 교통량이 크게 증가하면서 녹지의 상대적인 평균기온이 상승한 것으로 사료된다.

4) 분당신도시 지역의 열환경 분석 (1999. 5. 21일 기준)

분당 신도시가 개발된지 15년 후인 1999년 5월 21일의 분당·판교지역의 열환경을 분석한 결과는 다음과 같다. 그림 5b에서 보여지는 바와 같이 분당신도시의 지표면 온도분포는 25.9°C~32.6°C로서 지역의 지표면 온도인 22.6°C보다 최저 3.3°C에서 최고 10.0°C 온도가 상승하는 것으로 나타났으며, 특히 주요 온도상승지역은 분당신도시의 고층아파트가 건립된 지역으로서

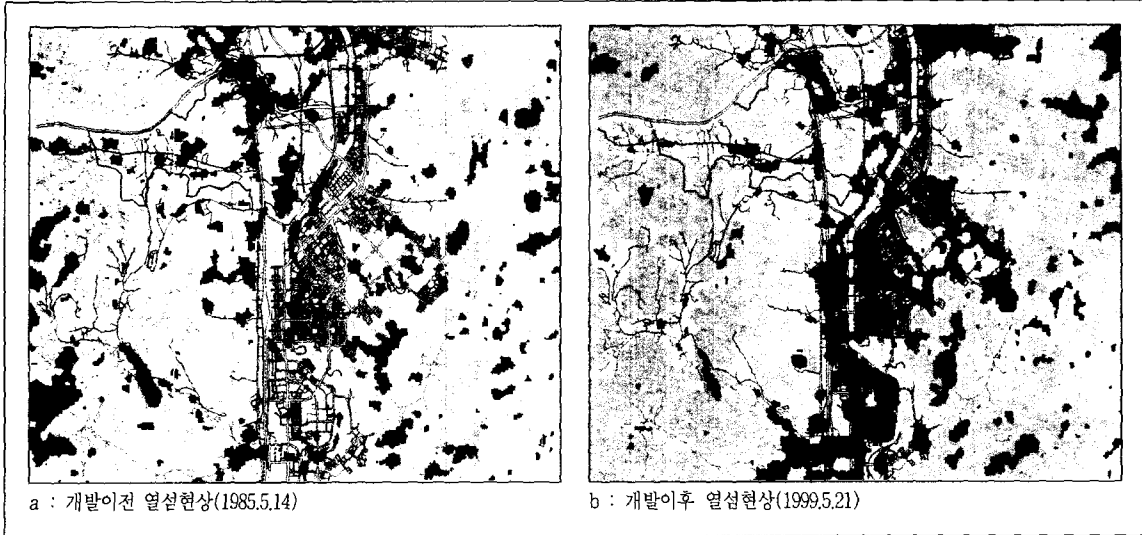


그림 5. 분당□판교지역 열환경 분석

범례: 표준편차 ■:<-3: ■:-3~-2: ■:-2~-1: □:-1~0: □:0~1: ■:1~2: ■:2~3: ■:>3

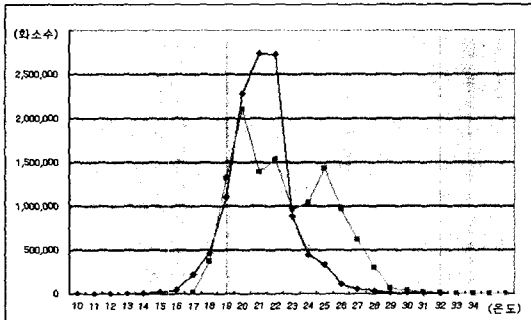


그림 6. 온도별 공간분포 비교곡선(1985.5.14, 1999.5.20)

범례: -◆-: 1985.5.14; -■-: 1999.5.20

분당 중앙공원의 온도가 19.3℃~ 22.6℃인 것과 큰 차이를 나타내고 있다.

주목할 만한 점은 1999년 분당지역의 지표면 기온이 1985년에 비해 약 1.2℃ 상승한 것으로 나타났으나, 이를 바탕으로 대상지의 온도가 상승하였다고는 볼 수 없다(그림 5a, 5b 참조). 그러나 그림 6에서 보여지는 바와 같이 온도대별 화소(격자 단위 30m×30m)의 분포가 1985년에는 21℃범위에 집중되어 나타나는 반면, 1999년에는 24~25℃의 범위대로 이동되어 나타난 점을 고찰해 볼 때 상당한 유의성이 있다고 판단된다. 또한 이는 1999년 토지이용 유형별 지표면 평균온도를 산출한 결과와 큰 상관성이 있음을 볼 수 있다(그림 7 참조).



그림 7. 분당□판교지역 토지이용도별 열환경 분석(1999.5.21)

범례: ■:22.8: □:22: ■:21: ■:20: ■:19: ■:18: □:24: □:25: ■:26: ■:27: ■:28: ■:<29(℃)

6) 토지이용도별 온도 분석

분당신도시와 판교지역을 8km × 8km의 세부지역으로 재설정하고, 토지이용 현황자료(국립지리원, 1998)를 바탕으로 열적의 데이터를 분석한 결과 대상지의 지

표면 평균 온도는 22.8℃로 나타났다(그림 7 참조).

그림 8에서 보여지는 바와 같이 위 지역의 임목지는 토지이용도별 평균온도가 20.8℃로 가장 낮았으며, 면적 또한 가장 넓어서 전체 지역 평균 온도 형성에 50.6%의 비중을 차지함으로써, 녹지와 주변 도시지역 전체의 온도를 낮추는 주된 요소임을 알 수 있다. 주거지 및 상업지역은 평균온도 25.5℃로 임목지의 평균 온도보다 +4.5℃이상 높았으며, 전체 평균온도 이상 지역에서 면적 비중 또한 가장 높게 나타났다. 따라서 이 지역의 전체 지표면 평균온도의 상승 요인은 주거지 및 상업지인 것으로 보이며, 그 다음으로는 교통시설인 것으로 나타났다. 가장 고온을 나타낸 토지이용도는 공업 지역이지만, 해당 면적이 한정되어 있어 전체 지표면 평균온도의 상승에 기여하는 비중은 1%로 나타났다.

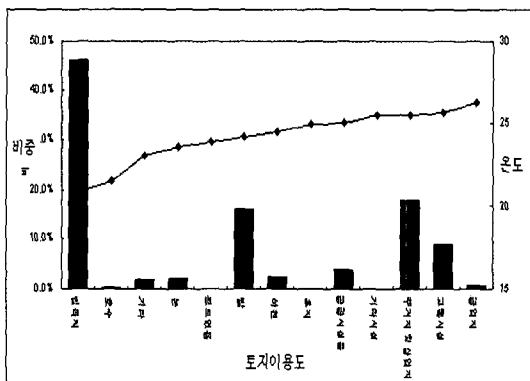


그림 8. 토지이용 유형별 평균온도의 분포와 비중
 범례: ■: 비중(% of 64ha): ◆: 평균온도(°C)

IV. 결론

본 연구는 도시의 확장과 개발, 특히 신도시의 개발로 인한 토지피복상태 변화에 따라 지표면 온도의 상대적 변화 비교와 도시화된 지역의 열섬 분포패턴 및 강도 특성 파악에 중점을 두었다. 연구대상지는 1996년 신도시 개발이 완료된 분당시와 현재 신도시개발 계획이 수립 중인 판교지역을 중점적으로 다루었으며, 이와 함께 주변 도시의 확장에 따른 광역녹지의 열환경 특성 변화 파악을 위해 성남시를 포함한 과천 의왕 등 주변

도시도 포함하였다.

연구방법으로는 Landsat TM이 지난 1985년부터 1999년까지 15년 동안 6차례 촬영한 열적외 데이터를 이용하여 산출된 지표면 온도를 이용하여 열환경을 분석하였으며, 각 시기별 영상의 상대적인 열환경 변화 비교를 위해 평균온도를 산출하고 각 화소별 표준편차를 비교하도록 하였다. 또한 동일한 영상 내에서의 지역별 열환경의 절대비교를 통해 신도시 개발로 인한 토지이용 유형별 열섬분포 패턴 및 강도특성과 열섬유발 요인을 분석하였다.

그 결과는 다음과 같다.

1. 성남시 도심의 경우 주변지역과 상대적으로 최저 2℃의 온도차를 보이는 열섬이 지난 1985년부터 1999년까지 계속해서 확대되는 현상이 관찰되었다. 또한 1985년 각 화소별 온도의 표준편차가 0~+1.0 이던 지역이 1999년에는 +1.0~+2.0으로 기온이 상승한 것으로 분석되었다. 이러한 기온상승은 도시의 개발과 확장에 의한 결과일 것이라는 개연성은 있다고 판단되나, 1985년과 1999년 각 영상의 촬영일자별 지역적인 기상 개황에 큰 차이가 있으므로 단정짓기는 어렵다고 판단된다.

2. 분당신도시가 개발되기 이전의 분당지역은 주변의 임목지와 유사한 온도분포를 나타내고 있었으나, 분당 신도시가 개발 중인 1991년의 영상에 의하면 위 지역에서 뚜렷한 열섬현상이 관찰된다. 특히 외곽순환도로와 분당-수서간 고속화도로에서는 도로포장으로 인한 지표면 온도 상승의 경우 1985년에는 도로를 중심으로 비연속적으로 일부 감지된 반면, 신도시 개발 이후에는 도로주변의 열섬이 연속적인 선형태로 뚜렷이 나타나고 있다. 이는 도로의 포장과 함께 차량 통행량의 증가에 따른 폐열의 영향일 것으로 사료된다.

3. 분당신도시가 개발된 1999년의 경우 분당지역의 지표면 온도의 분포는 지역의 평균온도보다 최저 3.3℃에서 최고 10.0℃의 온도상승 현상을 관찰할 수 있었으며, 특히 주요 온도상승지역은 분당신도시의 고층아파트가 건립된 지역으로 나타났다. 특히 온도대별 화소의 분포가 1985년에는 21℃범위에 집중되어 나타나는 반면, 1999년에는 24~25℃의 범위대로 이동되어 나타난

점을 고찰할 도시의 개발이 열섬형성의 주요 원인임을 알 수 있다.

4. 임목지는 토지이용도별 평균온도가 가장 낮으며, 전체 지역 평균 온도 형성에 50.6%의 비중을 차지함으로써, 녹지와 주변 도시지역 전체의 온도를 낮추는 주된 요소임을 알 수 있다. 이와는 달리 주거지 및 상업지역은 평균온도 25.5°C로 임목지의 평균 온도보다 +4.5°C 이상 높았으며, 전체 평균온도 이상 지역에서의 면적 비중 또한 가장 높게 나타났다. 따라서 분당신도시 지역의 전체 평균 지표면 온도의 상승 요인은 주거지 및 상업지인 것으로 보이며, 그 다음으로는 교통시설인 것으로 나타났다.

판교신도시가 주거와 상업지 위주로 개발될 경우 성남시를 포함한 분당·판교지역의 도시열섬이 크게 확대되고, 이로 인한 청계산과 광교산의 광역녹지의 도시기후 개선 기능이 크게 저하될 것으로 판단된다. 따라서 개발된 신도시의 열환경 개선을 위해 감소된 녹지의 도시기후개선 기능을 보완하고 도시의 대기순환 개선을 적절한 바람길 계획이 요구된다.

주1. 그림 3(d)의 임목지는 1995년 토지이용현황도(국립지리원 1:50,000)로서 분당신도시 개발이던 1985년에는 분당, 판교 일원 1,900만평, 용인 수지지역 120만평 등 총 2,020 만평으로 구성되어 있었다. 그 후 1989. 11월 분당 신도시 후보지 600만평에 대해 건 축제한이 해제되면서 남단녹지는 594만평이 개발되었으며, 1992년 11월에는 잔여 남 단녹지 1,420만평에 대해 건축제한 조치가 해제되었다. 그러나 잔여 남단녹지 해제지 역에 대해서는 녹지보전을 위하여 자연녹지지역(20%) 및 보전녹지지역(80%)으로 지정되었다. 성남시는 1998년 5월 판교지역 일원 190만평을 개발예정용지로 성남도시 기본계획에 설정함에 따라 구체적인 개발계획이 수립될 때까지 난개발 방지를 위한 건축허가 제한을 2001년까지 시행하였다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 환경부 “차세대 핵심환경기술개발 사업(Eco-Technopia 21)”의 연구비에 의해 수행되었으며, 자료를 협조해 주신 경기개발연구원 환경연구부, 한국환경정책·평가연구원과 e-HD.com사에 감사드립니다.

인용문헌

1. 건설교통부(2001) 판교신도시 개발계획 정부안.
2. 국립지리원(1998) 성남시 토지이용현황도.
3. 국토연구원(2002) 성남판교지구 기본구상 및 개발수요연구. 미발표 자료.
4. 기상청(2002) 자동기상관측연보. 성남시 AWS 데이터.
5. 박민호(2001) Landsat TM 열적외 데이터를 이용한 도시열섬 현상에 관한 연구-서울시를 대상으로-. 대한토목학회논문집 21(6): 861-874.
6. 송영배(2001) 신도시 대기오염 자연정화를 위한 Fresh Cold Air Corridor 설계기술 개발. 환경부차세대 핵심환경기술개발사업(Eco-Technopia 21) 보고서.
7. 안건혁(2001) 환경친화형 신도시개발 가능성과 방향. 주택 제 67권. pp.7-21
8. 이원영(2001) 수도권 신도시개발론의 문제점. 사회과학논문집 제12집. pp.145-165
9. 이용식(1990) 도시열섬 분석에 있어서 원격탐사기법의 적용에 관한 연구-LANDSAT TM 자료를 이용하여. 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
10. 이현영(1989) 원격탐사기법에 의한 도시열섬 연구. 지리학 40(0): 1-13.
11. 황희연(2001) 분당신도시, 어떻게 바라볼 것인가!. 도시문제 36(386): 24-40.
12. Baumuller, J.(1997) Stadtklima 21. Landeshauptstadt Stuttgart.
13. Eliasson, I.(2000) The use of climate knowledge in urban planning. Landscape and Urban Planning, Vol.48, pp. 31-44.
14. Gomez, F., Gaja, E. and Reig, A.(1998) Vegetation and climatic changes in a city. Ecological Engineering, Vol. 10, pp. 355-360.
15. Klysik, K. and Fortuniak, K.(1999) Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. Atmospheric Environment, Vol. 33, pp. 3885-3895.
16. Landsberg(1973) Climate of the urban biosphere. In "Biometeorology"(S.W. Tromp, W.H. Weihe, and J: J. Boura, eds.), 5(2): 71-83.
17. Lazar, R. and Podesser, A.(1999) An urban climate analysis of Graz and its significance for urban planning in the tributary valleys east of Graz (Austria). Atmospheric Environment, Vol. 33, pp. 4195-4209.
18. Nichol, J. E.(1994) Modelling the Relationship between LANDSAT TM Thermal Data and Urban Morphology. ASPRS/ACSM, Vol. 1, pp. 494-502.
19. Oke, T.R.(1987) Boundary layer climates, 2nd Edition, New York.
20. Saaroni, H., Ben-Dor, E., Bitan, A. and Potchter, O.(2000) Spatial distribution and microscale characteristics of the urban heat island in Tel-Aviv, Israel. Landscape and Urban Planning, Vol. 48, pp. 1-18.
21. Steinecke, K.(1999) Urban climatological studies in the Reykjavik subarctic environment, Iceland. Atmospheric Environment, Vol. 33, pp. 4157-4162.
22. Teillet, P. M., Barker, J. L., Markhamb, B. L., Irishc, R. R., Fedosejevs, G., Storeyd, J. C.(2001) Radiometric cross-calibration of the Landsat-7 ETM+ and Landsat-5 TM sensors based on tandem data sets. Remote sensing of Environment, Vol. 78, pp. 39-54.

원고접수: 2002년 08월 20일

최종수정본 접수: 2002년 10월 02일

3인익명 심사필