

위성영상에 탐지된 1980년대 이후 수도권 지역의 도시 팽창*

박샘** · 최광용***

Urban Sprawl in the Seoul Metropolitan Region, Korea Since the 1980s Observed in Satellite Imagery*

Sam Park** · Gwangyong Choi***

요약 : 본 연구에서는 Landsat 위성영상 자료를 분석하여 최근 30년간(1984~2014년) 서울-인천을 포함한 수도권 지역 토지피복 변화 양상의 시공간적 특징을 밝히고자 하였다. 1980년대 중반 이후 10년 간격으로 감독 분류된 Landsat 위성영상에 따르면, 1990년대 중반까지는 서울에서, 1990년대 중반 이후에는 인천과 부천에서 빠르게 도시화가 진행되면서 동서 방향으로 뻗은 서울-인천 간 연담도시가 형성되었음을 알 수 있다. 2000년대에 접어들면서 수도권 전철 및 도로망 확충에 의해 도시화된 지역 범위가 서울-인천 간 도시연담 지역을 넘어서서 개발제한구역(Green belts) 완화 지역을 중심으로 불규칙한 패턴으로 빠르게 팽창하고 있음을 알 수 있다. 세부 지역별로 시기는 상이하지만 대부분의 도시화는 녹지 지역의 파괴를 통해서 이루어지고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과들은 2000년대 중반 이후 추진하고 있는 개발제한구역 완화 정책에 관하여 지속가능한 측면에서 우리나라 수도권 지역의 여름철 쾌적한 열환경 조성을 위해 재고해 볼 필요성을 제안하고 있다.

주요어 : 도시팽창, 토지피복변화, 위성영상(Landsat), 수도권, 개발제한구역

Abstract : The purpose of this study is to clarify the spatio-temporal characteristics of land cover changes across the Seoul metropolitan region including the Seoul-Incheon urban corridor observed in Landsat satellite imagery for the recent decades (1984~2014). Analyses of supervised classification of Landsat imagery at each decadal interval demonstrate that an east-west directional conurbation between Seoul and Incheon was formed due to an explosive urban sprawl in Seoul before the 1990s as well as those in Incheon and Bucheon after the 1990s. In the 2000s and onward, complex patterns of fast urban sprawl toward outskirts have been observed along the extended metro lines and major roads beyond the Seoul-Incheon in the areas of green belt appeasement urban conurbation corridor. It is clearly shown that significant magnitude of green space was sacrificed due to mega-urbanization around Seoul-Incheon areas over the last several decades even though the timing of urbanization in each region varies. Overall, these results suggest that re-consideration regarding the greenbelt appeasement policy since the mid-2000s is needed for pursuing thermally more comfortable conditions in the Seoul metropolitan region in the sustainable perspectives.

Key Words : Urban sprawl, Land cover change, Satellite imagery (Landsat), Seoul metropolitan region, Green belts

I. 서론

우리나라는 1960년대 이후 경제개발계획의 영향으

로 주요 도시로 인구가 집중되는 이혼향도 현상이 뚜렷하게 나타나기 시작하였다. 1970년대 초에 빠른 과도한 개발을 방지하고자 정부에서는 개발제한구역

*이 논문은 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2012S1A5A8024821)

**제주지방기상청 예보과 연구원(Research Associate, Forecast Division, Jeju Regional Office of Meteorology, geniuspsam@naver.com)

***제주대학교 지리교육전공 부교수(Associate Professor, Major of Geography Education, Jeju National University, tribute@hanmail.net)

(Green belts)의 지정 및 관리에 관한 특별조치법을 마련하여 도시 주변 지역에 개발제한구역을 설정하였음에도 불구하고 녹지 공간이 줄어들면서 콘크리트로 피복되는 면적이 빠르게 증가하기 시작하였다(백영기, 1981; 황만익, 1995; 1997; 사호공상 · 김태진, 2004; 김태진 · 사공호상, 2006; 권용우 · 박지희, 2012). 이러한 도시 팽창으로 나타나는 피복 변화는 도시 열섬 현상(Urban Heat Islands)과 같은 열환경 변화를 초래하였다(예, 이현영, 1995; Chena *et al.*, 2006; Rizwan *et al.*, 2008). 도시 팽창은 특히 여름철 성하기에 도시 내부의 고온 상태를 심화시켜 근교 지역에 비해 심혈관계 만성질환을 가진 노약자들이 사망에 이를 가능성이 높아지고 있다(최광용, 2010). 도시의 에너지 사용 지속가능성 측면에서도 우리나라 수도권을 중심으로 여름철에 현열을 잘 흡수하는 콘크리트 피복 면적이 증가하는 토지 피복 변화는 냉방 장치 사용 급증에 의해 무더위 속 열환경이 더 악화되는 악순환을 거듭하는 양의 피드백 과정을 보이고 있다. 특히, 21세기에는 지구온난화에 의해 아열대 고기압이 강화되면서 여름철 중위도 지역의 대도시 지역의 열환경은 더욱 나빠질 것으로 전망된다.

우리나라의 도시 팽창을 정량화하는 데에는 실제 현장 답사로는 한계가 있어 주로 위성영상을 분석한 연구들이 진행되어 왔다. 일부 연구에서 Landsat 위성자료를 이용하여 인천(예, 김대영, 2011), 부산(예, 박호명 · 백태경, 2009; 안지숙, 2011), 대구(예, 박인환 · 장갑수, 2002; 박선형 · 김재익, 2007; 김재익 · 권진휘, 2009), 대전(예, 김운수 등, 2005) 등의 도시 팽창을 분석한 경우도 있었지만, 대부분 서울 지역의 도시화 변화 양상을 분석하였다(예, 이병설 등, 1984; 연상호, 1986; 김영표 · 김순희, 1994; 황만익, 1995; 1997; 2002; 사공호상, 2004; 지준범 · 최용진, 2014). 이들 연구에서는 일반적으로 2차원적 차원에서 특정 시기 전후의 도시 면적의 변화를 분석하였다. 최근에는 일부 도시지리학적 맥락에서 도시 팽창의 기하학적 특징을 지수화 하여 수도권 지역의 장기간 변화를 분석하기도 하였다(사호공상, 2004; 김태진 · 사호공상, 2006; 신정엽 · 김진영, 2012; 임수진 · 김감영, 2016). 이러한 연구들에 따르면, 수도권의 도시 팽창은 대체로 1980년대 후반 이후 서울 주변 산지 및 하천 분포를 고려한 주요 신도시 개발, 교통망 확대, 그린벨트 구역 등의 다양한 정책적 요소의 영향을 받아 불규

칙한 형태로 이루어졌음을 알 수 있다. 그러나 대부분의 기존 연구들은 분석에 사용된 영상의 취득 계절이 상이하며, 특히 20세기 후반 이후 인구밀도가 급증한 수도권 지역의 여름철 도시 열환경에 초점을 둔 토지 피복 분류 특징을 제시한 연구는 드물다. 더 나아가 기존 연구들은 녹지 공간이 극상을 이루는 여름철에 도시 내 세부 규모에서 어떤 도시 팽창이 공간적으로 어떤 변화 패턴과 장기간 어떤 변화 추세를 보이는지에 관한 정보는 제공하지 못하고 있다.

일부 연구에서는 이러한 도시 팽창에 나빠지고 있는 여름철 도시의 열환경을 개선하기 위해 지속가능한 해결 방안으로 녹지 공간의 보존의 중요성을 강조하고 있다(최광용, 2010). 서울의 경우 한강과 지류천 그리고 청계천과 같은 인공천 등이 여름철 냉한 바람길을 제공하고 있다고 주장되고 있지만, 실제 상대적으로 찬 공기는 무거워서 하도를 벗어나 주변 지역의 기온을 낮추는 데에는 한계가 있다. 반면, 여름철 도시내 공원이나 분지형 도시를 둘러싸고 있는 산지를 덮고 있는 식생은 수관에 의해 지표의 태양복사에너지 흡수를 저감할 뿐만 아니라 식생의 뿌리에서 흡수한 물이 증발산 작용을 통하여 에너지가 잠열의 형태로 대기 중으로 이동하여 서늘한 공기가 형성되어 주변 지역의 무더위를 저감할 수 있는 능력을 지니고 있다. 즉, 녹지는 무더운 여름날 콘크리트 건물 내부 기온을 낮추기 위해 냉방장치를 사용하여 건물 외부로는 많은 방출되는 인공열에 의해 도시 열섬 현상이 더 강화되는 악순환을 대체할 수 있는 지속가능한 열환경 조절 자원이다. 가령, 2003년 유럽 열파사태에서도 살펴보았듯이(Stott *et al.*, 2004; UNEP, 2004), 특히 도시 열환경 악화는 많은 사망자를 초래할 수 있어 녹지 공간을 고려한 도시 열환경의 지속가능성에 관한 장기적인 계획 수립이 필요하다. 이를 위해서는 일차적으로 여름철 도시 지역의 토지 피복 변화에 대한 정보가 요구된다.

본 연구에서는 기존 연구들의 후속 연구로서 최근 30년간(1984년~2014년) Landsat 위성영상 자료를 바탕으로 우리나라 전체 인구의 상당수가 거주하고 있는 수도권 지역의 토지 피복 변화 정도를 정량화하여 서울-인천을 포함한 수도권 지역의 도시 팽창에 따른 여름철 녹지 면적 변화의 시공간적 특징을 밝히고자 한다.

표 1. 본 연구에서 사용된 Landsat 위성영상

위성영상	센서	영상 취득시기	공간해상도 (픽셀 크기)	시간해상도 (재방문 간격)	분광해상도 (밴드 수)
Landsat-5	TM	1984년 7월 30일	30m	16일	7
Landsat-5	TM	1994년 7월 26일	30m	16일	7
Landsat-7	ETM+	2004년 9월 15일*	30m	16일	8
Landsat-8	OLI	2014년 8월 2일	30m	16일	11

* 2004년 7월 하순~8월 초순 성하기의 영상은 구름 피복도가 높음.

II. 연구자료 및 연구방법

1. Landsat 위성영상 추출

본 연구에서는 20세기 후반기 이후 냉섬(cooling islands)의 역할을 하는 여름철 녹지의 활력도가 가장 높은 여름철 서울-인천 대도시를 포함한 수도권 일대의 도시 팽창 패턴을 살펴보기 위해 Landsat 위성영상 자료를 분석하였다. Landsat 위성 센서는 미국항공우주국(National Aeronautics and Space Administration; NASA)이 1972년 6월 ERTS-1(Landsat-1)이 처음 발사된 이후 지금까지 운영하고 있는 위성영상 제공 시스템으로(<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>), 자료의 가용 기간 측면에서 장기간 변화 추세를 분석을 가능하게 하는 장점을 지니고 있다. 본 연구에서는 미국 지질연구소(United States Geological Survey; USGS)에서 제공하는 한반도 중부지방 영역 위성영상을 살펴보고 우리나라 기후학적 여름철(6월 초순~9월 중순; 최광용 등, 2006)의 구름 피복률이 적은 10년 간격(1984년, 1994년, 2004년, 2014년) 위성영상 자료들을 추출하였다(표 1). 우리나라에서 위성기반 여름철 토지피복 상태를 탐측할 때에는 해당 날짜의 동아시아 몬순 구름상태에 의해서 취득한 영상자료의 가용성이 결정되는데, 무더운 해에는 장마전선이 일찍 북상하고 북태평양 고기압이 오랫동안 자리 잡아 구름이 거의 없어 위성영상을 통해 광역 지역의 식생 활력도의 최대 분포 면적을 정량화를 하는데 유리하다. 그럼에도 불구하고 1974년을 전후한 연도들에서는 기후학적 여름철에 대부분의 영상이 구름에 의해 오염되어 본 연구에서 1970년대 중반 영상 분석은 제외되었다.

Landsat 위성영상의 공간 해상도 측면에서 pixel 사이지는 1970년대 Landsat MSS 영상의 경우에는 60m 이지만, 본 연구에서 사용된 그 이후 Landsat-5 TM, Landsat-7

ETM+, Landsat-8 OLI 영상의 경우에는 30m로 동일하다(표 1). 본 연구에서는 한반도 영역(path: 116, row: 34)을 지나는 영상을 추출하였는데 전체 영상의 동서 방향 swath은 약 185km로 우리나라 중부 경기도 지역 대부분을 잘 보여준다. 한편, Landsat 위성영상의 분광해상도는 센서마다 다소 차이가 있는데, TM의 경우 7개 bands, ETM+의 경우에는 8개 bands, OLI의 경우 11개 bands로 구성되어 있다. 즉, 점차 최근으로 올수록 분광해상도가 향상되었는데 주로 가시광선(visible) 영역과 근적외선(near-infrared) 영역으로 구성되어 있다. TM과 ETM+ 간에는 각 band의 파장대가 동일하나, OLI 센서의 경우에는 다소 차이가 있어서 NDVI 등 새로운 지수 산출을 통한 TM 또는 ETM+와 비교 시에는 다소 주의가 요구된다. Landsat 위성영상은 시간해상도 측면에서 약 16일 간격으로 지방시(local time)로 오전 10시 30분 전후에 한반도 상공의 동일한 궤도를 지나간다.

2. Landsat 위성영상 전처리 및 분석

본 연구에서는 운량이 상대적으로 적은 10년 간격 위성영상 자료로 Landsat-5 TM의 1984년 7월 30일 영상과 1994년 7월 26일 영상, Landsat-7 ETM+의 2004년 9월 15일 영상, Landsat-8 OLI의 2014년 8월 2일 영상을 분석 자료로 선정하였다(그림 1). 가시광선 영역 RGB 321(Landsat-8 OLI의 경우 432) 조합영상을 살펴보면, 도시지역은 밝은 회색, 녹지는 녹색, 구름은 하얀색으로 시각화되어 있다. 우선, 위성영상에는 다양한 왜곡이 포함되어 있는데 그 중에서 절대적 위치 차이와 관련된 기하학적 왜곡을 보정하기 위해 이전에 이미 보정되어 있는 영상(10m 공간 해상도)을 사용하여 영상 대 영상(image-to-image) 기하보정(geometric correction)을 수행하였다. 도로 교차점, 저수지 제방 등의 지상 지물에 지상기준점(Ground

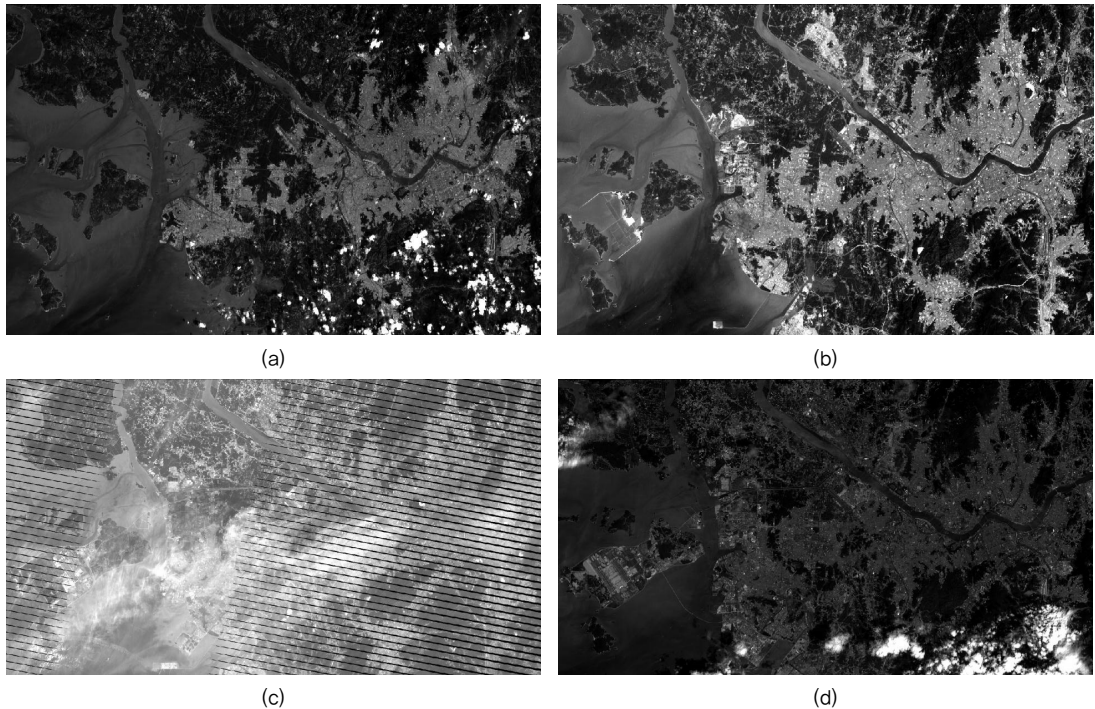


그림 1. 본 연구에 사용된 서울-인천 주변 지역의 10년 간격 여름철 Landsat(TM/ETM+: RGB 321, OLI: RGB 432 합성) 위성영상
 * (a) 1984년 7월 30일 Landsat-5 TM 영상, (b) 1994년 7월 26일 Landsat-5 TM 영상, (c) 2004년 9월 15일 Landsat-7 ETM+ 영상, (d) 2014년 8월 2일 Landsat-8 OLI 영상.

Control Point; GCP)을 35개 이상으로 화면 전체적으로 골고루 찍은 후 최종 공간 오차(Root Mean Square Error; RMSE)가 0.2 pixel 이하(예상 평균 오차 6m)인 17개를 GCP를 기준으로 최근린내삽법(nearest neighboring)으로 보정(rectification)을 수행하였다. 본 연구에서는 해당 시기의 수도권 영역 기상자료 분포가 상대적으로 적어 대기보정은 별도로 수행하지 않았으나, 여름철 북태평양 고기압이 자리 잡아 상대적으로 운량이 거의 없는 위성영상을 선택하여 전체적인 토지 피복 변화 양상을 분석하는 데에는 큰 무리가 없을 것으로 판단되었다. 분석에 사용된 4개 영상 중 2000년대 중반 영상은, 2003년 이후 Landsat-7 ETM+ 센서의 고장으로 화면의 일부가 꺼지는 현상으로 줄무늬 형태로 자료의 누락 현상이 나타났는데(그림 1c), gap-fill 함수(Scaramuzza *et al.*, 2004)를 이용하여 2004년 7월 29일의 위성영상 자료를 보정하였다.

이와 같은 전처리된 Landsat 영상에서 서울-인천 지역을 포함한 수도권 지역의 토지 이용 변화를 분석하기 위

해 R(3 band)-G(2 band)-B(1 band)의 3개 분광 값을 바탕으로 감도분류기법 중 가장 널리 사용되는 최대우도 분류법(maximum likelihood classification)을 수행하였다. 이 때 Landsat 영상의 토지 피복에는 정확성 확보를 위해 환경부의 표준 분류 체계(시가화·건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역 등)에 따른 7가지 항목을 참고하여 영상에서 각 항목 당 5개 내외의 training sample을 할당하여 감독 분류(supervised classification)를 수행하였다(표 2). 이러한 환경부 토지분류에 기초한 도시화 지역 탐지 기법은 과거 유사 연구들(예, 김윤수 등, 2005; 송영선, 2005)에서 널리 사용되어 왔다. 이 때 본 연구에서는 이 7가지 항목 중 산림, 초지, 농업지역 간 차이를 판단하는 것이 불확실성이 클 뿐만 아니라 후속연구에서 식생 피복 지역이 도시 열환경에 미치는 영향을 분석할 것을 고려하여 모두 같은 녹지(green space)로 통합하여 토지 이용도를 산출하였다. 또한 1984년 7월 30일의 영상과 2004년 7월 29일의 영상, 2014년 8월 2일 영상의 경우 일부 지역에 구름 반점들이 나타나므로

표 2. 본 연구에 사용된 환경부(2001) 토지 피복 대분류 항목

분류 항목	포함하고 있는 지형·지물
도시지역	주거지역, 공업지역, 상업지역, 문화체육·휴양지역, 교통지역, 공공시설지역
녹지	활엽수림, 침엽수림, 혼효림, 자연초지, 인공초지, 논, 밭, 시설재배지, 과수원, 기타재배지
습지	내륙습지, 연안습지(갯벌, 염전)
나지	자연 나지, 기타 나지(채광지역, 운동장, 기타 나지)
수역	내륙수, 해양수

토지피복분류 시에 구름 항목을 추가하여 토지 피복을 분류하였다. 그러나 대부분의 구름이 연구대상지역인 서울-인천 지역을 빗겨 산발적으로 분포하여 연구 결과에 크게 영향을 미치지 않았을 것이라 판단하였다.

4개 시기 영상 중 2000년대 Landsat 위성영상 토지 피복 분류 결과를 환경부(2002)에서 작성한 2000년대의 토지 피복도와 비교하여 정확도 평가를 한 결과 90% 이상 높게 나타나 다른 시기의 위성영상 토지 피복 분류 결과는 전반적으로 신뢰성이 있다고 간주하였다. 이러한 정확도 평가(accuracy assessment) 시 도시 외곽의 일부 수역과 습지 나지로 분류되는 지역에 인접한 녹지 지대 정확도에 다소 불확실성이 포함되어 있는 것으로 나타나지만, 두 자료의 시기가 다소 상이함에도 불구하고 도시 내부의 도시화된 지역의 정확도는 상대적으로 높아 본 연구에서 수도권 거시적인 측면의 변화나 도시 내부 지역의 도시화에 관한 분석 주요 내용에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단하였다. 이와 같이 검증된 감독분류 Landsat 위성영상 자료를 바탕으로 1980년대 중반(1984년)을 기준으로 1990년대 중반(1994년), 2000년대 중반(2004년), 2010년대 중반(2014년)의 각 행정 구역별(서울, 인천, 부천 동별) 전체 면적에서 각 토지 피복 유형별 피복률을 산출하여 비교·분석하였다. 이 때 행정 구역 Vector 자료는 통계청에서 제공하는 2010년대 최신 자료를 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 최근 30년 간(1980년대 중반~2010년대 중반) 수도권 토지 피복 변화

1980년대 중반 이래 10년 간격으로 Landsat 위성영상에서 관찰되는 수도권 주변 지역의 도시화된 지역의 변

화 양상을 살펴보면, 대체로 2000년대 중반까지는 서울-인천 지역을 중심으로 도시 지역이 동서 방향으로 연결되는 패턴을 보이고, 2010년대 중반에는 다시 남북 방향으로 확장하는 패턴을 보인다(그림 2). 1980년대에는 서울의 도시화된 지역은 주로 한강 주변 지역을 중심으로 도시화가 진행되었고, 인천과는 다소 뚜렷한 연담 패턴을 보이지는 않았다(그림 2a). 그러나 1990년대에는 빠르게 진행된 도시화에 의해 부천 지역의 도시화된 면적이 뚜렷하게 나타나서 서울-인천 구간 사이에 연속된 연담도시화 패턴이 관찰된다(그림 2b). 또한, 1990년대에는 주요 도로망 확장과 더불어 서울 남부지역에는 성남-분당 지역을 중심으로, 서울 북부지역에는 도봉구-의정부를 남북으로 잇는 선형적 도시화 패턴이 나타나기 시작하였다. 1990년대 후반에 이르러 1998년에 ‘개발제한구역 제도개선협의회’를 구성하고, 1999년에 ‘개발제한구역 제도 개선안’을 마련하기 시작하였다. 이에 따라 2003년 이후에 수도권 남부 지역의 개발제한구역 일부 지역들이 공공주택, 도시 내 공장 이전 등의 공익 목적으로 해제되었고(국토해양부, 2011), 이에 수도권 이남 지역을 따라 도시 팽창도 가속화되기 시작한 것으로 판단된다. 그 결과 서울 주변 지역이 빠르게 개발되면서 2000년대 중반에는 서울 남동지역을 중심으로 하남-광주를 잇는 선형적 도시화 패턴이 나타났고, 인천 남쪽에 위치한 안산 지역 방향의 도시 팽창 패턴이 뚜렷하게 나타나기 시작되었다(그림 2c). 이때 서울 북서부의 일산 지역과 인천 영종도 지역에서도 도시 개발에 의해 도시화된 지역이 나타나기 시작하였으나, 바다에 의해 서울-인천 연담 도시권역과는 다소 격리된 패턴을 보인다. 2010년대에는 서울-인천을 잇는 연담 도시 패턴이 남북으로 한강 또는 서해안을 따라 확장하거나 수도권 전철 또는 주요 도로 선을 따라 팽창하는 패턴을 보인다(그림 2d). 특히 해발고도가 높은 산지가 상대적으로 적고 평지로 이루어진 수도권 이남 지역과 북서부 지역을 중심

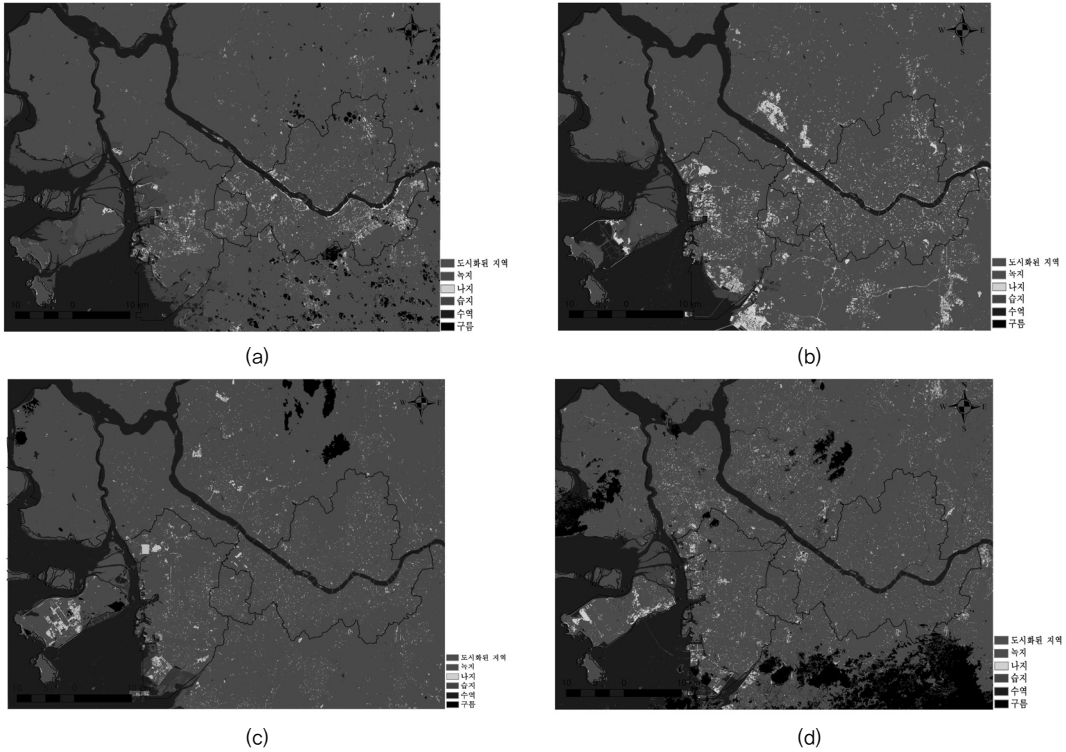


그림 2. Landsat 위성영상에서 탐지되는 1980년대 중반 이후 수도권 일대의 토지 피복 변화

* (a) 1980년대 중반(1984년 7월 26일), (b) 1990년대 중반(1994년 7월 26일), (c) 2000년대 중반(2004년 9월 15일), (d) 2010년대 중반(2014년 8월 2일)

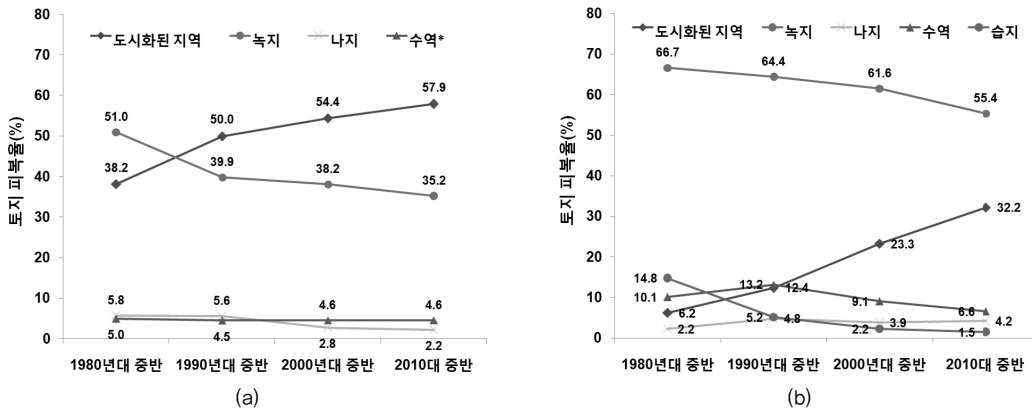


그림 3. 최근 30년간(1984-2014) (a) 서울과 (b) 인천의 토지 피복율(전체 행정구역 기준 면적에서 해당 토지 피복이 차지하는 비율) 변화
* 서울의 경우에는 한강 주변의 습지의 면적이 매우 적어 수역에 포함시킴.

으로 이러한 도시 팽창 패턴이 뚜렷하게 관찰된다. 이러한 2000년대 중반 이후 수도권 서울-인천 연담도시의 남북 방향 팽창 패턴은 1970년대 초 이후 유지되었던 2000년대 중반 수도권 지역 개발제한구역(Green belts)의 해

제와 관련성이 있을 것으로 사료된다. 가령, 1970년대 최초 수도권 개발제한구역 지정면적(1,567km²)에 비하여 2010년대 중반(2014년 말 기준 152km²) 개발제한구역 지정면적은 약 10% 정도 감소하였다(국토교통부, 2014).

2010년대에는 서울을 20~30km 범위의 환형 형태로 둘러싸고 있던 서쪽 녹지지역이 2008년 ‘개발제한구역의 조정 및 관리 계획’에 따라 파괴되면서 서울-인천을 지역의 연담도시화가 완성하는 단계에 이르게 된 것으로 판단된다. 이러한 개발제한구역 해제 구역이 공간적으로 소규모 지역마다 상이하게 이루어졌기 때문에 도시화 패턴도 불규칙한 패턴으로 진행된 것으로 보인다.

1980년대 중반 이후 서울과 인천 행정 구역 기준 각 토지 피복율을 비교해 보면, 도시 팽창이 빠르게 진행되면서 두 지역의 상당한 규모의 녹지 공간이 사라졌음을 알 수 있다(그림 3). 지난 30년간 서울과 인천 모두 나지, 수역은 거의 변화가 없었지만 도시화된 시가지/건조 피복으로 분류되는 도시화 면적이 차지하는 비율은 뚜렷하게 지속적으로 증가해 왔으며, 반대로 산림 등 녹지 지역(green space)이 차지하는 비율은 지속적으로 감소해왔다. 가령, 서울 지역의 도시화 면적 비율은 1980년대 중반에는 약 38%(223.3km²)였으나, 1990년대 중반에 50%(292.4km²)로 증가하였으며, 2010년 중반에 58%(338.6km²)까지 증가하여 30년간 약 20%정도 증가하였다(그림 3a). 인천의 경우에도 1980년대 중반에는 불과 6%(50.8km²)였던 도시화된 지역 면적 비율이 지속적으로 증가하여 2010년대 중반에는 약 32%(263.1km²)에 달하여 두 시기간에 거의 26% 정도 증가하였음을 알 수 있다(그림 3b). 대조적으로 산림 등 녹지 지역이 차지하는 면적 비율은 서울의 경우 1980년대 중반에 51%(298.3km²)였으나, 2010년대 중반에는 35%(206.0 km²)로 약 16%가 감소하였고, 인천의 경우에도 두 시기 동안 각각 약 67%(544.6km²)에서 55%(452.8km²)로 약 12%의 녹지가 차지하는 비율이 감소하였다. 이와 같은 녹지 파괴 과정을 통한 도시화 과정이 뚜렷하게 나타난 시기는 서울과 인천 두 도시 간에 다소 차이가 있다. 도시 면적 비율의 상승률(그림 3 구간별 그래프의 기울기)은 서울의 경우에는 1980년대 중반과 1990년대 중반에 가장 뚜렷하게 나타난 반면, 인천은 오히려 1990년대 중반 이후에 가장 뚜렷하게 나타났다. 이러한 변화율이 높은 시기와 동일하게 녹지 면적 감소 현상도 가장 뚜렷하게 나타났다. 이외에도 인천의 경우에는 서해안을 따라 분포하였던 습지도 1980년대 중반과 1990년대 중반 다양한 매립 사업이 활성화되면서 약 15%(120.6km²)에서 2%(12.3km²)로 13%에 달하는 면적이 사라졌음을 알 수 있다.

이외에도 고양시의 경우 1980년대 후반부터 1990년대

중반까지 일산 신도시 개발이 이루어짐에 따라 거대한 규모의 도시화된 지역 및 나지 지역이 새롭게 나타났다(미제시). 개발제한 구역의 해제와 더불어 2000년대 중반(2004년)의 영상은 1990년대 중반에 비해 서울 도심뿐만 아니라 전철 및 주요도로망을 따라 도시화된 면적이 차지하는 비율이 눈에 띄게 확장되었음을 알 수 있다. 2010년대에는 김포시와 의정부시도 과거에 비해 시가지/건조 등 도시화된 지역 면적이 증가하였다.

2. 서울-인천 내부 지역의 동단위 도시화 패턴

각 시기별 서울-인천 연담도시 내부 지역의 좀 더 세밀한 도시화 패턴을 살펴보면 연담도시화는 1990년대 중반에 들어 뚜렷하게 나타나기 시작하였음을 알 수 있다. 특히 1980년대 후반 이후 서울-인천 사이에 위치한 부천의 도시 개발이 본격화 되면서 이러한 연담도시화를 가속화시키는 결과를 가져왔다. 그 과정에서 서해안 지역에서는 습지가 많이 파괴되었고, 서울-인천 지역에서는 고도가 높은 산지 지역을 제외하고는 저지대의 녹지는 상당히 도시화 지역으로 전환되었음을 알 수 있다. 각 도시의 동별 규모의 고해상도 토지 피복 변화 양상을 살펴보면 아래와 같다.

1) 서울

1980년대 중반 서울-인천 도시 내부는 대부분이 도시화되었으나 도시 외곽 지역은 녹지로 덮여있었다(그림 2a). 현재 중심업무지구 하나로 언급되는 강남 일대(서초구, 강남구, 송파구) 지역이 1980년대 중반 이후에 본격적으로 개발되기 시작하여 도시 팽창된 패턴이 위성영상에도 잘 나타나 있다(그림 4a). 이외에도 한강변을 따라서 녹지 지역이 도시화 지역으로 변모하였고, 강북에서는 노원구, 도봉구 등에서 도시화 지역으로 바뀌는 면적이 눈에 띄게 증가하였다. 이 시기의 도시화 정도가 높은 상위 5개 동지역을 제시해 보면, 강남 일대 지역에서는 강남구 양재2동, 송파구 오륜동, 서초구 내곡동이 속하고, 이외에 양천구 목5동, 영등포구 여의도동 등이 포함된다(표 3). 이외에도 상위 5개 동에 포함되지는 않으나 시가지 확장 패턴 그림에서 서울의 북측에 위치한 상계동 일대에서도 신시가지 개발이 이루어졌음을 알 수 있다.

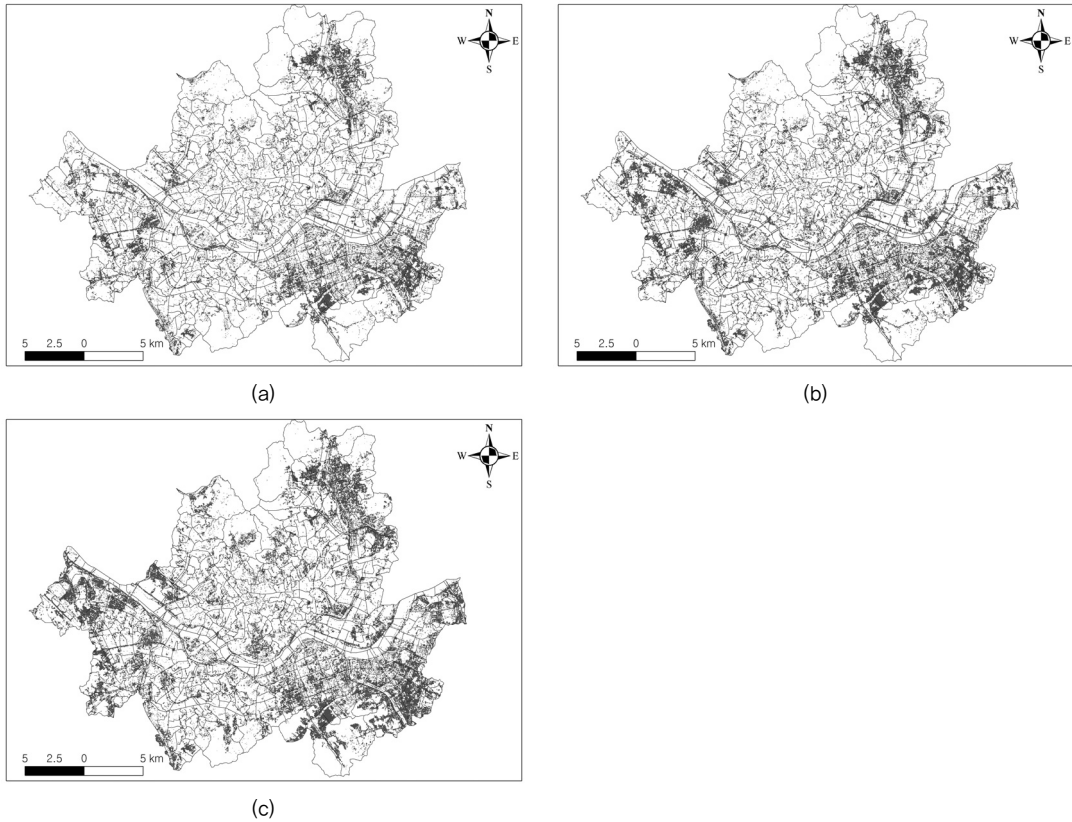


그림 4. 서울 지역의 1980년대 중반 대비 (a) 1990년대 중반, (b) 2000년대 중반, (c) 2010년대 중반 도시 팽창 패턴

표 3. 서울특별시 내부 도시화된 지역 면적 상위 5개 등

1980년대 중반 대비 1990년대 중반		1980년대 중반 대비 2000년대 중반		1980년대 중반 대비 2010년대 중반	
상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)	상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)	상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)
서초구 양재2동	1.19	강서구 가양1동	1.58	강서구 공항동	2.62
송파구 오륜동	1.11	서초구 양재2동	1.37	서초구 내곡동	2.37
양천구 목5동	1.07	서초구 서초3동	1.30	강서구 방화2동	2.27
영등포구 여의도동	1.04	송파구 오금동	1.23	강서구 가양1동	2.26
서초구 내곡동	1.03	송파구 장지동	1.21	송파구 장지동	2.01

1990년대에 접어들면서 강남 일대(서초구, 강남구, 송파구) 뿐만 아니라 서울 서부 지역(강서구, 양천구) 일대의 도시화 지역 증가 경향이 뚜렷하게 나타난다(그림 4b). 가령, 1980년대 중반 대비 1990년대 중반 도시화된 면적 상위 1위는 강서구 가양 1동이며, 강남 일대의 서초구 양재2동·서초3동, 송파구 오금동·장지동 등이 도시화된 면적이 높게 나타난다(표 3). 2000년대 중반의 경우 상위 10개 지역으로 확대하여 비교해 보면 1990년대 중반과

중복되는 지역은 서초구 양재2동·송파구 오륜동·양천구 목5동·강서구 가양1동·송파구 장지동·서초구 서초3동·강서구 공항동 등 7개 동으로, 1990년대 중반부터 2000년대 중반까지의 확장 면적은 적게는 오륜동은 0.06km², 많게는 가양1동은 0.6km²의 범위를 보인다. 1980년대 중반부터 1990년대 중반까지의 확장 면적과 비교하여 1990년대 중반과 2000년대 중반 사이에는 그 변화 면적이 감소하였으나 지속적으로 도시화 심화 현상이

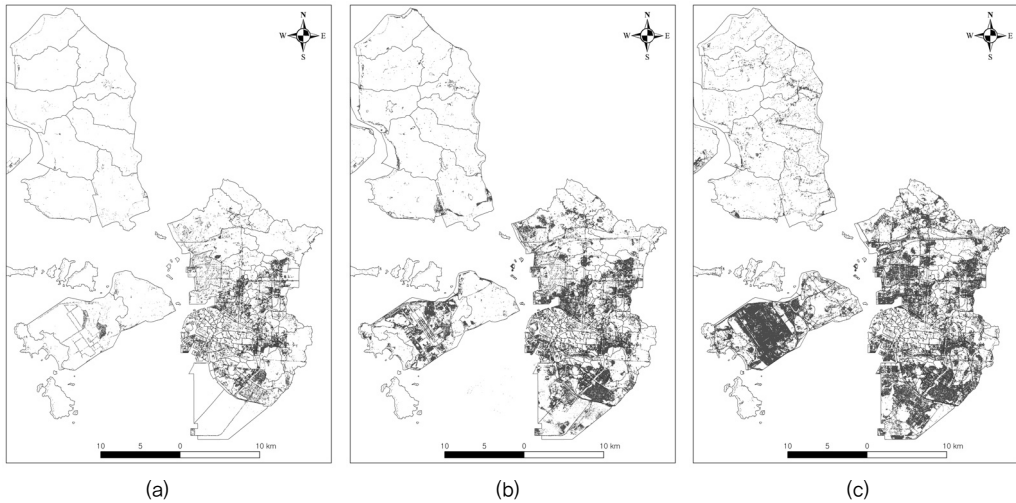


그림 5. 인천 지역의 1980년대 중반 대비 (a) 1990년대 중반, (b) 2000년대 중반, (c) 2010년대 중반 도시 팽창 패턴

표 4. 인천광역시 내부 도시화된 지역 면적 상위 5개 동

1980년대 중반 대비 1990년대 중반		1980년대 중반 대비 2000년대 중반		1980년대 중반 대비 2010년대 중반	
상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)	상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)	상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)
중구 운서동	3.70	중구 운서동	20.87	중구 운서동	43.35
남동구 논현고잔동	2.91	연수구 송도1동	7.92	연수구 송도1동	13.02
중구 연안동	2.15	남동구 논현고잔동	6.91	서구 검암경서동	9.02
서구 청라2동	2.10	서구 검단1동	6.25	연수구 송도2동	8.08
서구 검암경서동	1.86	연수구 송도2동	4.88	남동구 논현고잔동	7.92

서울시 내부에서도 나타나고 있음이 확인된다.

2010년대 중반에도 강남 일대와 서울 서부 지역 일대의 도시화 면적 증가가 지속적으로 나타나고 일부 서울 동부 지역(강동구) 지역에서도 나타난다(그림 4c). 이에 따라 도시화 면적 증가 1위는 강서구 공항동에서 나타나며, 서초구 내곡동, 강서구 방화 2동과 가양 1동, 송파구 장지동 등에서 높게 나타난다(표 3). 이외에 상위 10위에는 강동구 강일동과 노원구 공릉2동도 일부 포함된다. 특히, 강동구 강일동은 1980년대 중반부터 1990년대 중반까지 0.65km², 2000년대 중반까지 1.07km²의 면적이 확장되었고, 노원구 공릉2동은 1990년대 중반까지 0.72km², 2000년대 중반까지 1.13km²가 확장되었다. 1980년대 중반 이래 10년 간격의 3시기에 공통적으로 포함되는 지역은 서초구 양재2동·강서구 가양1동·송파구 장지동·강서구 공항동 등으로 이러한 강남 일대와 강서 일대가 최근 30년간 지속적인 시가지화가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

2) 인천

1980년대 중반 인천은 공유 수면 매립 사업을 시행하기 전으로 영종도와 서구의 일부 지역, 연수구 일부만이 녹지나 습지로 구성되어 있었다(그림 2a). 인천의 동별 세부 도시화면적 증가 분포도를 살펴보면 1990년대 중반의 영상에서는 1980년대 중반 대비 인천의 도시화된 지역이 외연적으로 빠르게 확장하였고, 서해안 일대는 공유수면 매립사업으로 인해 습지 면적이 감소한 반면 나지 면적이 증가하였다(그림 5a). 2000년대 중반의 영상에서는 인천의 영종도 일대가 매립 사업으로 인해 나지 혹은 시가지 지역으로 바뀌었다(그림 5b). 2010년대 중반에는 강화도를 제외한 시가지와 공유수면 매립 사업이 이미 진행되어 간석지와 수역이 토지로 전환된 영종도, 연수구 및 서구 등 지역이 대규모로 도시화되었음을 확인할 수 있다(그림 5c). 2010년대 중반 기준 인천의 개발제한구역은 계양구와 청라 지구 사이에 위치한 계양산-철마산-원적산을 잇는 산지 지역을 따라 설정되어 있다.

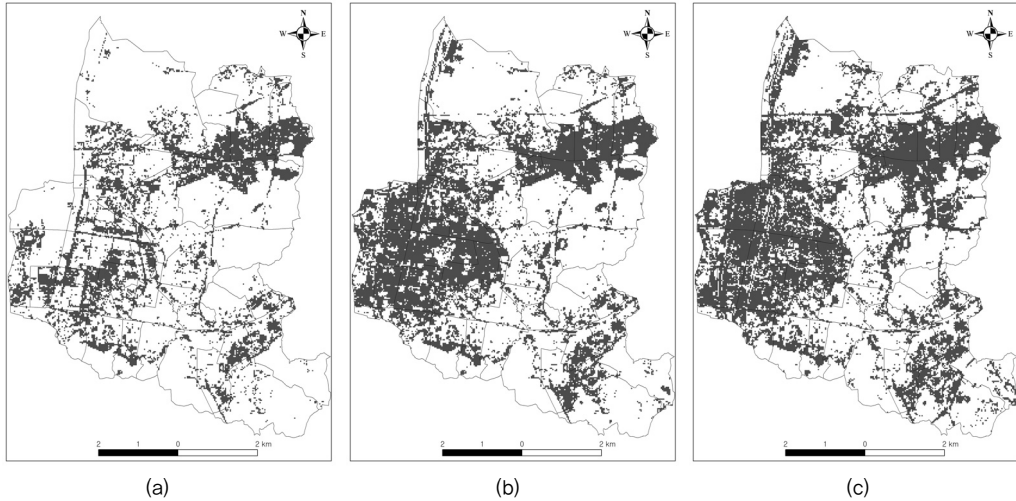


그림 6. 부천 지역의 1980년대 중반 대비 (a) 1990년대 중반, (b) 2000년대 중반, (c) 2010년대 중반 도시 팽창 패턴

표 5. 부천시 내부 도시화된 지역 면적 상위 5개 동

1980년대 중반 대비 1990년대 중반		1980년대 중반 대비 2000년대 중반		1980년대 중반 대비 2010년대 중반	
상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)	상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)	상위 5개동	도시 확장 면적(km ²)
오정구 성곡동	1.01	오정구신흥동	1.13	오정구 성곡동	2.10
오정구 신흥동	0.79	오정구성곡동	1.06	오정구 오정동	2.07
오정구 고강본동	0.78	원미구상3동	1.04	오정구 신흥동	1.41
원미구 중2동	0.57	원미구중1동	0.91	원미구 상3동	1.21
오정구 고강1동	0.56	원미구상2동	0.89	원미구 상2동	1.08

향후 이 지역 주변의 개발제한구역이 완화되면서 동부 중심에서 동-서로 연결된 도시화가 확대될 것으로 전망된다.

1990년대 중반 이후 각 시기별 인천의 동 행정구역 단위 중 1980년대 중반 기준 도시화된 면적이 가장 넓은 상위 5개 동지역 기록을 살펴보면, 중구 운서동이 1990년대 중반, 2000년대 중반, 2010년대 중반 모두 최상위를 차지하고 있음을 알 수 있다(표 4). 1990년대 중반까지의 도시 팽창 분포 패턴을 보면 서구와 남동구, 중구의 해안 일대를 중심으로 개발이 이루어졌음을 알 수 있다. 시가지 확장 면적 상위 10개 동 중 청라2동·검암경서동·검단1동·가좌1동·신현원창동에 해당되는 서구는 1980년대 중반에 간척지가 해안 일대에 넓게 분포하였으나 공유수면의 매립으로 상당부분 간척되어 1990년대 중반 도시 지역으로 전환되었다. 남동구의 논현고잔동은 남동공업단지의 1단계 조성공사가 1989년에 완공되

어 도시화가 진행되었고, 남촌도림동은 남동공업단지의 배후도시로서 많은 인구가 유입되어 집중적으로 도시화가 진행되었다. 구시가지에 해당되는 중구는 상대적으로 도시 팽창 면적이 낮으나 해안에 입지하는 중구의 운서동과 연안동은 도시 확장 면적 상위 10개 동에 해당되어 간척으로 인한 해안 지역의 도시화가 진행 중이었음을 알 수 있다. 특히 도시 확장 면적이 가장 높은 운서동은 현재의 인천국제공항이 입지한 지역으로 간척지가 매립되는 과정에서 시가지 지역이 형성되면서 도시가 크게 확장하였다고 해석된다.

3) 부천

1980년대 중반 부천은 중등 택지개발을 시행하지 않은 상태이므로 구시가지인 심곡동 일대만 도시화된 지역으로 되어 있으며, 현재의 신시가지인 원미구의 중동과 상동 일대는 이 시기에는 녹지로 덮여있었다(그림

2a). 부천에서는 인구 증가에 따른 주택 부족 문제를 해소하기 위해 1980년대 후반부터 중동 택지 개발 사업을 시행하여 도시화된 지역과 나지 지역의 면적이 증가하기 시작하였다(그림 6a). 특히, 부천의 신도시 개발로 인한 중동과 상동의 나지 지역이 신시가지 지역으로 전환되었다. 2000년대 중반과 2010년 중반 영상을 살펴보면 대규모 산지나 공원이 있는 경우를 제외하면 대부분의 부천 도시 내부가 도시화된 지역으로 피복되었음을 잘 보여주고 있다(그림 6b-6c). 2010년 중반을 기준으로 서울과 인접한 해발고도 최대 170m이하의 원미산, 지양산 지역들이 일부 개발제한구역으로 설정되어 있으나, 향후에는 이 지역들에서도 완화에 의해 서울과의 연담 도시화가 심화될 것으로 예상된다.

부천의 동별 도시화 면적 변화를 살펴보면, 1990년대 중반까지는 오정구일대 및 중동신도시 개발과 관련하여 진행되었다(표 5). 이 시기의 도시 확장 면적 상위 5개동을 살펴보면 다세대주택, 공장 등의 설립이 활발하게 이루어진 오정구의 성곡동·신흥동·고강본동·고강1동과 중동 신도시 개발이 이루어진 원미구 중2동 등이 속한다. 2000년대 중반까지도 부천 지역 도심 확장은 주로 오정구 신흥동·성곡동·오정동·고강본동 등 구시가지 일대와 원미구의 중2동·상2동 등 중동신도시 일대를 중심으로 진행되었다. 2010년대 중반에도 대부분 도시화가 오정구와 원미구를 중심으로 진행되었음을 알 수 있다. 성곡동·오정동·신흥동 등은 서울과 지리적으로 근접하고 공장 및 주거지가 밀집되어 도시화 지역 확장이 진행 중이며, 상3동·상2동이 속해 있는 원미구의 중·상동 현재 부천의 신도시지역으로 지속적인 인구 유입으로 인해 주거지 개발이 이루어지고 있어 향후 지속적인 도시 팽창이 예상된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 시계열별 Landsat 인공위성 영상 자료를 분석하여 기존 2000년대 초반까지 이루어진 기존 연구들을 업데이트 하는 연구로서 최근 30년간(1984-2014년) 수도권 대도시지역인 서울-인천 대도시 지역의 도시 팽창에 따른 토지 피복 변화를 살펴보았다. 주요한 연구 결과들을 요약하면 다음과 같다.

첫째, Landsat 위성영상에서 감독분류를 시행하여 토

지 피복을 변화를 살펴본 결과 1980년대 중반 서울과 인천이 개별적으로 도시화가 진행되었으나, 1990년대 중반과 2000년대 중반까지는 부천 지역이 개발되면서 서울-인천을 잇는 동-서 방향으로 연결된 연담도시가 완성되었음을 알 수 있었다. 이러한 결과들은 기존 연구들과 자료 분석 기간에 따라 정량화한 수치들은 상이하기는 하지만 전반적인 변화 양상에 관한 주요 결과 내용은 기존 연구들과 유사하다. 그 후 도시화가 계속 진행되면서 최근 2010년대 중반에는 개발제한구역(Green belts) 완화 정책과 그간 확장된 전철과 주요 도로망을 따라 남북 방향으로도 도시화 면적이 증가하여 서울-인천 지역의 도시연담화가 팽창하고 있을 뿐만 아니라, 이 동-서 패턴을 넘어서는 규모의 수도권 일대 전체의 불규칙한 형태의 도시화가 진행되고 있음을 알 수 있었다.

둘째, 각 시기별 연구 지역 전체 또는 각 도시별(서울, 인천, 부천)의 각 세부 토지 피복 유형별로 전체 지역에서 차지하는 비율(피복율)을 살펴본 결과, 대체로 도시화가 진행되면서 녹지 공간이 뚜렷하게 감소하였음을 알 수 있다. 서울은 1980년대 중반과 1990년대 중반 사이에 녹지 공간(green space)의 면적이 뚜렷하게 감소하고, 그 이후에도 지속적으로 감소추세를 보여 2010년대 중반에는 1980년대 중반 대비 전체 면적에서 차지하는 비율이 16% 정도 감소하였다. 인천은 1980년대 중반과 1990년대 중반 사이에는 습지 감소 정도가 크게 나타났고, 1990년대 중반과 2000년대 중반 사이에 녹지 면적의 피복율 감소가 12% 정도로 뚜렷하게 나타났다. 녹지는 여름철에 무더위를 저감시켜 줄 수 있는 지속가능한 열환경 조성 자원이므로 향후 2000년대 중반부터 제시된 개발제한구역 해제 정책에 대한 재고를 해볼 필요성이 제기되고 있다.

셋째, 세부 지역별 도시화는 도시별로 상이하게 나타났는데, 서울시의 경우에는 1990년대 중반까지는 강남 일대(서초구, 강남구, 송파구)와 서울 서부 지역 일대(강서구, 양천구)를 중심으로 진행되던 도시 팽창현상이 2000년대 중반에는 서울 북부 지역과 동부 지역까지 확대되고, 2010년대에 접어들면서 서울 시내 전체적으로 이루어져 도심 내 녹지 지역은 개발에 불리한 산지지역이 분절화되어 일부 남아 있는 패턴을 보인다. 이외에도 인천은 1990년대 중반에 습지 면적 감소와 구시가지 중심 도시화, 2010년대 영종도 간석지·수역 매립 및 연수구 및 서구 등 신시가지의 조성 등의 패턴으로 도시화가

나타났다. 서울-인천을 잇는 부천에서도 1980년대 후반부터 도시개발 계획에 의해 현재까지 지속적으로 원미구 구시가지와 오정구 일대의 도시화 및 중·상동 일대에 시가지가 도시화되었음을 알 수 있었다. 수도권 개발제한구역 분포와 해발고도 100m이상의 분포를 비교해 보면 서울-인천 연담도시 지역에서 서부권에 해당하는 인천-부천의 남북 지역을 중심으로 향후 도시 팽창이 확대될 것으로 예상된다.

본 연구는 기존 연구 결과들에 최근 2000년대 중반 및 2010년대 중반 자료를 행정동 단위까지 상세하게 업데이트하여 우리나라 수도권 일대의 토지 피복 변화에 관한 정보를 제공하고 있다. 특히, 현재 도시 팽창 패턴을 종합해 보면 개발제한구역의 해제 정책에 따라 21세기 도시 팽창 패턴이 해발고도가 상대적으로 낮은 수도권 남부 지역과 서부 지역을 중심으로 이루어질 것으로 전망된다. KTX, 고속도로 등 교통망의 확대 정책과 더불어 현재 서울-인천 연담도시권이 수원, 평택 등의 남부 도시지역까지 확대될 것으로 전망된다. 따라서 녹지 공간 파괴와 더불어 진행되는 수도권 도시화는 기후변화에 의한 고온현상 발생 시 도시 열섬 현상을 강화시켜 에너지 사용량 및 도시 주민의 건강에 악영향을 초래할 수 있으므로 도시 계획 수립 시 여름철 열환경 요소를 반드시 고려해야 할 필요성이 있다고 판단된다. 향후 정책 개발자들을 지원하기 위해서 도시 피복과 여름철 무더위 발생 시 도시 열환경과의 관련성을 세부적으로 밝히고 도시의 식생 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 방안을 제시하는 후속 연구들이 지속적으로 요구될 것으로 판단된다.

참고문헌

국토해양부, 2011, 「개발제한구역 40년 백서」.
 권용우·박지희, 2012, “우리나라 개발제한구역의 변천단계에 관한 연구,” 국토지리학회지, 46(3), 363-374.
 김대영, 2011, “위성영상을 이용한 토지피복과 지표온도 변화의 관계: 인천시를 사례로,” 국토지리학회지, 45(3), 493-501.
 김영표·김순희, 1994, “인공위성 영상자료를 이용한 수도권 토지이용 실태분석,” 한국공간정보학회지, 2(2) 135-145.
 김윤수·정응호·류지원·김대욱, 2005, “원격탐사 자료를

활용한 시가지지역의 변화에 관한 연구,” 한국지리정보학회지, 8(2), 1-9.
 김재익·권진휘, 2009, “지리정보시스템과 원격탐사자료를 이용한 도시공간구조의 파악 -대구광역시 사례 연구,” 한국지리정보학회지, 12(2), 48-51.
 김태진·사공호상, 2006, “수도권지역의 시가지 확산 결정요인 분석,” 서울도시연구, 7(2), 95-116.
 박선형·김재익, 2007, “대도시 주변 신개발지의 개발특성에 관한 연구: 대구광역시를 사례지역으로,” 한국지리정보학회지, 10(2), 36-46.
 박인환·장갑수, 2002, “대도시 주변지역의 토지이용변화: 대구광역시를 중심으로,” 한국조경학회지, 30(1), 1-10.
 박호명·백태경, 2009, “원격탐사와 GIS를 이용한 부산광역시 도시화지역의 확산과정과 토지이용 특성에 관한 연구,” 한국지리정보학회지, 12(2), 23-33.
 백영기, 1981, “개발제한구역 지정 현황과 문제,” 도시문제, 16(3), 19-31.
 사공호상, 2004, “GIS와 원격탐사를 이용한 수도권 도시화지역 확산 특성에 관한 연구,” 국토연구, 40, 53-69.
 사공호상·김태진, 2004, “수도권 도시광역화 요인의 변화 연구,” 국토연구, 278, 98-108.
 송영선, 2005, “Landsat 위성영상을 이용한 도시확장 및 지표온도 변화 탐지,” 한국지형공간학회지, 13(4), 59-65.
 신정엽·김진영, 2012, “도시 스프롤에 대한 논의 재조명과 공간 분석 방법론에 토대한 도시 스프롤 측정 연구: 수도권을 사례로,” 서울법학, 19(3), 317-354.
 안지숙·황재동·박명희·서영상, 2012, “Landsat7 ETM+ 영상과 AWS 자료를 이용한 부산의 토지피복에 따른 여름철 도시열섬포텐셜 산출,” 한국지리정보학회지, 15(4), 65-77.
 연상호, 1986, “원격탐사 기법에 의한 서울, 대전, 인천지역 토지이용 분류연구,” 대한원격탐사학회지, 2(2), 69-77.
 이병설·환산명호·죽내장사, 1984, “리모트 센싱 기법에 의한 서울 대도시 지역의 토지이용 변화의 분석,” 대한지리학회지, 19(2), 1-13.
 이현영, 1995, “토지이용 변화가 국지기후에 미치는 영향,” 대한원격탐사학회지, 11(3), 83-100.

- 임수진·김감영, 2016, “수도권 스프롤 양상의 시공간적 변화,” 한국지역지리학회지, 22(3), 628-642.
- 지준범·최용진, 2014, “수도권 지표 특성 분석을 위한 Landsat 자료의 활용,” 한국지구과학회지, 35(1), 54-68.
- 최광용, 2010, “지난100년 동안 서울시에 발생한 강한 열파 패턴과 노인사망자에 미치는 영향,” 대한지리학회지, 45(5), 573-591.
- 최광용·권원태·Robinson, D.A., 2006, “우리나라 사계절 개시일과 지속기간,” 대한지리학회지, 41(4) 435-456.
- 환경부, 2002, 「인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류」.
- 황만익, 1995, “인공위성 자료를 이용한 서울의 개발제한구역이 토지이용에 미친 영향에 관한 연구,” 지리교육논집, 34, 1-18.
- 황만익, 1997, “인공위성 자료를 이용한 수도권의 도시화에 따른 토지이용 변화 분석,” 대한지리학회지, 32(3), 329-340.
- 황만익, 2002, “수도권의 토지 이용 변화: 1900년대 초기와 현재의 비교 연구,” 서울대학교 사대논총, 65, 247-260.
- Chena, X.L., Zhaoa, H.M., Lia, P.X., and Yinb, Z.Y., 2006, Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes, *Remote Sensing of Environment*, 104(2), 133-146.
- Rizwan, A.M., Dennis, L.Y.C., and Liu, C., 2008, A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island, *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128.
- Rosenfeld, A.H., Romm, J.J., Akbari, H., Pomerantz, M., and Taha, H., 1996, Policies to reduce heat islands: Magnitudes of benefits and incentives to achieve them, *Proceedings of the 1996 ACEEE summer study on Energy Efficiency in Buildings, August 1996*, Pacific Grove, CA, 9, 177.
- Scaramuzza, P., Micijevic, E., and Chander, G., 2004, *SLC Gap-Filled Products Phase One Methodology*, Landsat Technical Notes.
- Stott, P., Stone, D., and Allen, M., 2004, Human contribution to the European heat wave of 2003, *Nature*, 432, 610-614.
- UNEP(United Nations Environmental Programme), 2004, Impacts of summer 2003 heat wave in Europe, *Environment Alert Bulletin*, 2, 1-3.
- 국토교통부, 2014, <http://www.molit.go.kr>
- 환경부, 2001, <http://www.me.go.kr/>
- 교신 : 최광용, 63243, 제주특별자치도 제주시 제주대학로 102, 제주대학교 지리교육전공 (이메일: tribute@hanmail.net)
- Correspondence : Gwangyong Choi, 63243, 102 Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju Special Self-Governing Province, Korea, Major of Geography Education, Jeju National University (Email: tribute@hanmail.net)

투 고 일: 2016년 11월 28일
심사완료일: 2016년 12월 10일
투고확정일: 2016년 12월 10일

