고해상도 영상을 이용한 농경지 지도 작성 및 토지이용 변화 분석

이경도 · 홍석영* · 김이현

농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과

Farmland Use Mapping Using High Resolution Images and Land Use Change Analysis

Kyungdo Lee, Sukyoung Hong*, and Yihyun Kim

Soil and Fertilizer Management Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

This study aims to make a “farmland use map” using high-resolution images and to analyze the land use change for about 8 years in Goyang, Namyangju, and Yongin cities. We have made a new numerical map named as a farmland use map using high-resolution images taken mostly in 2007 and digital topographical maps in Goyang, Namyangju, and Yongin cities near metropolitan areas to classify farmland use of paddy, upland, plastic film house, and orchard. We also made a land use map by overlaying the farmland use map and the land registration map of each city made in 2007, and compared the land use map made by RDA (Rural Development Administration) in 1999. Paddy areas decreased at a range of 3,000 to 5,000 ha during 8 years and were changed to residential areas in the cities.

Upland and orchard areas also showed similar tendency and were changed to residential areas as well. On the other hand, the areas of the plastic film houses in the cities showed an increase or same in size. It is suggested that farmland use map can be broadly used as a base map for various survey projects including soil survey, statistics, and farmland information management.

Key words: Farmland use mapping, Land use change, High-resolution image

서 언

토지이용 (land use)도는 단순히 식생 등 지표면의 물리적 형태를 농업환경적 가치와 자연 생태적 이용 기준에 따라 분류한 토지피복 (land cover)도와는 달리 인간의 경제적 활동을 중심으로 토지의 이용 상황을 그 나라 국토이용관리법에서 정해진 용도에 따라 나타낸 지도이다. 그 나라의 국토이용 계획과 관리를 위한 기초자료로서, 농업환경과 생태계의 다양한 현상을 설명하기 위한 자료로 활용되고 있다 (Campbell, 1996; Hong et al., 2008; Lee et al., 2009a; Oh et al., 2009). 우리나라에서는 국토해양부에서 제작하는 지적도가 그 예라고 할 수 있다.

기존의 토지이용도는 측량작업 위주로 진행되어 비용, 주기성, 자료 확보 등에 문제점을 안고 있기 때문에 최근에는 광역성, 동시성, 주기성, 경제성 등의 장점을 가진 위성 영상을 활용하여 토지 이용도 제작의 기본이 되는 토지 피복도 제작이 증가하고 있다 (Ku and Jang, 2006; Ku, 2007; Ku, 2011; Lee et al., 2009b). 위성영상을 이용한 토지 피

복 분류 기법은 영상을 구성하는 각각 화소들을 유사한 것들끼리 그룹화 하여 실제 논, 밭 등의 농경지 비목과 연계하는 것으로, 최근 공간해상도 1 m 이하의 고해상도 위성영상의 제작이 증가하면서 우리나라와 같은 좁은 유역에 복합적 영농형태에 활용하여 정밀한 토지 이용도를 제작하고자 하는 노력이 활발히 진행되고 있다 (Jang, 2006; Ku, 2007; Lee et al., 2009b). 그러나 고해상도 영상의 경우 화소 그룹 간 비교적 뚜렷한 차이를 구별할 수 있었던 중·저해상도 영상과 달리 이웃한 화소와의 세밀한 차이까지 구분되어 오히려 오분류 화소까지 분류결과로 표현되는 문제를 발생시키기도 한다 (Ku and Jang, 2006; Van der Sande et al., 2003).

이러한 문제를 해결하기 위하여 영상의 해상도별로 판독 가능한 적정 토지피복 계급을 구분하거나 (Hong et al., 2004b), 고해상도 영상의 효과적인 처리과정을 개발하기 위해 기존의 화소기반 분류가 아니라 화소가 가지고 있는 밝기 값의 공간적 변이인 텍스처 (Texture)를 분류하고 (Tuceryan and Jain, 1998) 유사한 텍스처 특성을 갖는 화소들을 객체로 하여 이들 객체를 분류하는 객체지향형 분류기법이 시도된바 있다. 그러나 텍스처 특성이 뚜렷이 나타나지 않은 구

접수 : 2012. 10. 31 수리 : 2012. 11. 30

*연락처 : Phone: +82312900344

E-mail: syhong67@korea.kr

역들이나 영상처리 과정에서 발생하는 오류 등에 대해서는 추후 보완이 필요한 실정이다 (Ku, 2007). 영상 자료에서 추출한 객체가 아닌 지적도 등 알려져 있는 외부 벡터 (Vector) 자료를 객체로 하여 영상 자료와 통합하여 분류의 정확도를 높이고자 하는 연구 (Ku and Jang, 2006)가 시도 되었으나, 작업의 기준이 되는 지적도 등이 부정확한 경우에는 효과적인 결과를 얻기 어려운 한계가 있다. 특히, 수치지형도와 지적도의 농경지 경계는 제작시점 이후의 이용 상태 변화, 재산에 따른 구획과 같은 지도의 이용 목적에 따른 표현 때문에 실제 경작단위 경계를 반영하지 못하는 경우가 발생한다 (Hong et al., 2004a; Lee et al., 2009b; Sakong and Im, 2003). 농경지는 작물 종류, 생육시기 및 농작업으로 인해 표면의 형태적 특성이 다양하게 나타날 수 있어 상기와 같이 고해상도 영상을 활용하여 수치지형도 (Digital image processing)로 정확한 경계를 구분하고 토지이용 변화를 분석하기에는 아직 한계가 있다.

고해상도 영상을 활용한 영상처리 프로그램 내부의 자체적인 분류보다는 높아진 해상도를 이용하여 육안 판독을 통한 토지피복 분류와 지도 제작이 다양한 분야에서 활용되고 있는데, 해안선 변화 모니터링, 도로명 및 건물번호 부여사업 검정, 하천구역관리를 위한 시설물 판독, 산사태 발생 지역 모니터링 및 지도제작 등이 그 사례이다 (Bae et al., 2003; Eom et al., 2010; Jeong, 2005; Oh et al., 2009; Pak et al., 2008). 농경지에 대해서는 미국의 경우 농경지의 토지피복 형태에 따라 고해상도 영상을 육안판독하고 GIS를 활용하여 농경지 단위의 지도인 CLU (Common Land Unit)를 작성하여 작물 재배면적 산정, 농작물 재해보험 업무 및 농경지 관리 정책 수립 등에 활용하고 있다 (USDA FSA, 2004). 그러나 우리나라의 경우 Son et al. (2011)이 다량논 현황을 조사하기 위해 고해상도 영상을 활용하여 다량논을 육안 판독하고 일부 수치지형도의 오류를 수정한 바 있을 뿐, 논, 밭, 시설재배지, 과수원을 포함한 농경지 지표면의 물리적 형태를 경지이용 기준과 토지피복 상태에 따라 조사분류하여 동질의 특성을 지닌 지역을 지도의 형태로 표현한 농경지 이용형태 구분도 (이하, 농경지 지도) 제작과 활용에 대한 연구는 부족한 실정이다. 특히, 토양조사, 경지이용도 및 그 이용변화, 온실가스 배출량 산정 등 기후변화 국가 자료 생산, 농지업무, 농업통계 자료 생산을 위해서는 농경지 형태를 정확하게 반영하면서도 해당 농경지가 갖고 있는 속성을 저장할 수 있는 독립된 벡터 형태의 농경지 지도 제작이 더욱 절실한 실정이다.

따라서, 본 연구는 최근 토지이용의 변화가 활발히 진행되고 있는 지역들에 대하여 고해상도 위성영상을 기반으로 육안 판독을 통해 농경지 지도를 작성하고 토지이용도를 갱신하여 농경지 이용 면적의 변화를 분석하고자 수행하였다.

재료 및 방법

연구대상지역 토지이용의 변화가 심한 지역은 토양이 인위적으로 교란되어 특성이 변화하게 되므로 다른 지역에 비해 더 빨리 토양 재조사를 해야 할 필요가 있다. 도시개발로 토지이용 변화가 컸던 수도권 지역의 고양시, 남양주시, 용인시가 그 경우이다 (Hwang and Go, 2007; Sakong, 2004). 따라서 본 연구에서는 토양 재조사를 위한 최신 농경지 지도가 요구되는 3개시를 연구지역으로 하여 농경지 지도를 작성하고 지적도와 연계하여 토지이용도를 갱신하고 기존의 토지이용도와 비교하여 토지이용 변화를 분석하였다.

QuickBird 영상과 Kompsat2 영상의 농경지 분류 정확도 비교 해상도 1 m 이내의 고해상도 영상 중 육안으로 판독하여 농경지 이용형태별 경계를 가장 잘 구분할 수 있는 영상을 선정하기 위해 해상도 1 m의 기하보정된 Kompsat-2 영상과 해상도 0.6 m의 정사보정된 QuickBird 영상을 활용하여 동일한 지역에 대해 농경지별로 벡터라이징 (Vectorizing) 하고 그 결과를 비교하였다 (Table 1, Fig. 1).

고해상도 위성영상을 활용하여 농경지 경계를 구분한 결과 QuickBird 영상의 경우에는 논두렁과 논두렁 사이의 배수로 까지 정밀하게 구분이 가능했던 반면, Kompsat2 영상의 경우에는 논두렁 사이 배수로를 명확하게 구분할 수 없었다 (Fig. 1(a)). 또한, kompsat-2 영상에서는 이랑의 구분이나 묘목의 배열 등을 육안으로 판독하기 어려워서 과수원과 밭의 구분이 불명확하였다 (Fig. 1(b)). 따라서, 본 연구에서는 좀 더 세밀한 농경지 경계 구분을 위하여 QuickBird 영상을 판독대상으로 선정하였다.

농경지 지도 작성 고양시, 남양주시, 용인시를 대상으로 2007~2008년에 걸쳐 취득된 QuickBird 영상을 활용하여 농경지 지도를 작성하였다. 농경지 지도는 수치지형도 (DEM; Digital Elevation Model)를 이용하여 위성영상을 정사보정하고 수치지형도, 지적도 등 원시자료를 수집하여 위치나 오류를 수정하면서 농경지 이용 형태별로 폴리곤을 신규 제작하거나 편집하여 경계를 추출해서 제작하였으며, 현장 조사를 병행하여 분류 정확도를 향상시켰다 (Fig. 2). 작업 시 위성영상 처리는 ERDAS의 IMAGINE, 농경지 지도 작성을 위한 농경지 형태별 폴리곤 (Polygon) 작성과 수정은 ESRI사의 ArcGIS 프로그램을 활용하였다. 농경지 이용 형태별 영상 분류 시에는 시행착오법을 통하여 QuickBird 영상에 적합한 작업 축적을 설정하였는데, 논 경우에는 1:2,000~1:2,500의 화면축척에서 벡터라이징하는 것이 논 경계와 배수로 등의 구분에 가장 적합하였으며, 밭의 경우 1:1,500~1:1,800의 축척에서 작업이 가장 양호하였다. 시

Table 1. Characteristics of Quickbird and Kompsat-2 satellite images.

Index	Quickbird Image	Kompsat-2 Image
Launch date	October 18, 2001	July 28, 2006
Orbit altitude	450 km	685 km
Orbit inclination	97.2 degree, sun-synchronous	98.13 degree, sun-synchronous
Revisit time	1-3.5 days depending on latitude 30° off-nadir	Less than 3 days
Swath width	16.5 km × 16.5 km at nadir	15 km × 15 km
Digitization	11 bits	10 bits
Resolution	Pan: nadir 61 cm to 25° off-nadir 72 cm MS: nadir 2.44 m to 25° off-nadir 2.88 m	Pan: 1m MS: 4 m
Image bands	Pan: 450-900 nm Blue: 450-520 nm Green: 520-600 nm Red: 630-690 nm Near IR: 760-900 nm	Pan: 500-900 nm Blue: 450-520 nm Green: 520-600 nm Red: 630-690 nm Near IR: 760-900 nm

Fig. 1. Comparison of QuickBird and Kompsat-2 images for discriminating farmland boundary (a) and classifying upland and orchard (b).

설재배지의 경우 하우스와 유리온실에 한하여 1:1,800~1:2,500의 축척으로 벡터라이징 하였으며, 일시적으로 눈에 비닐하우스가 설치된 경우 벡터라이징 하지 않으나 비닐하우스 1동과 밭이 같이 있는 경우 밭으로 벡터라이징 하였다. 과수원의 경우 지적도와 지형도에서 과수로 표현된 폴리곤 (polygon)과 포인트 (point)를 추출하여 영상에서 확인하고, 육안판독으로 과수인 농경지가 확인되면 폴리곤으로 벡터라이징 하였다. 영상에서 육안판독이 힘든 과수 지역은 현

장조사를 통하여 지도 작성의 정확성을 보강하였다 (Table 2). 또한, 작성된 농경지 지도의 정확성을 평가하기 위해 고 양시, 남양주시, 용인시의 논, 밭, 시설재배지, 과수원에 대하여 Quickbird 영상을 바탕으로 지적도, 수치지형도, 경지 총조사, 농경지 지도의 작도 사례를 비교하였으며, 각 지도별 지목 면적 비교 시에는 통계청에서 발표하는 경지면적과 국토해양부의 수치지적도, 환경부의 토지피복도의 경지면적을 함께 비교하였다.

Fig. 2. Process of farmland use mapping using high-resolution image.

Table 2. Criteria of farmland use mapping based on high resolution satellite imagery.

Item	Classification criteria of farmland use
Paddy	<ul style="list-style-type: none"> - Vectorize at 1:2,000~1:2,500 screen scale - In case the distance between the paddy fields is greater than 5 m, each field has a separate boundary. Otherwise two fields share the boundary with adjacent polygon
Upland	<ul style="list-style-type: none"> - Vectorize at 1:1,500~1:1,800 screen scale - Vectorize the boundary if the area of a upland field is greater than 400 m²
Plastic film house	<ul style="list-style-type: none"> - Vectorize at 1,800~1:2,500 screen scale - Plastic film house temporarily built in the paddy field is classified as paddy field - In case a plastic film house is built in upland, it is classified as upland
Orchard	<ul style="list-style-type: none"> - Orchard polygons or points from the cadastral map and topographic map are extracted and checked in the imagery. When the orchard areas are verified in the imagery, they are classified as orchard - Field investigation is carried out if needed

Farmland use map
 1: paddy, 2: upland,
 3: plastic film house, 4: orchard

Cadastral map
 1~28 land category

Modified landuse map
 1: paddy, 2: upland,
 3: plastic film house, 4: orchard
 5~28 land category in cadastral map

Fig. 3. Process of land use map update by using overlay technique farmland use map and cadastral map.

토지 이용도 갱신 및 토지이용 변화 분석 농경지 지도는 논, 밭, 시설재배지, 과수원 4가지 형태의 농경지에 대한 정보만을 갖고 있어 토지이용도 제작을 위해서는 다른 지목에 대한 정보가 필요하다. 따라서, 농경지 이외 다양한 지목들에 대한 정보를 가지고 있는 수치 지적도의 농경지

해당 부분에 농경지 지도를 중첩함으로써 최신 토지 이용도를 작성하였다. 수치지적도의 경우 농경지 지도의 제작 연도와 동일한 연도의 자료를 수집하고, 28 지목을 유사한 것끼리 통합하여 논, 밭, 과수원, 시설재배지, 초지, 산림, 주거지, 묘지, 호수, 기타 등 10 지목으로 정리하였다. 수정된

수치 지적도를 기본 자료로 사용하고 GIS 기능을 활용하여 농경지 지도를 중첩하여 기존 수치지적도를 교체한 새로운 형태의 최신 토지이용도를 작성하였다 (Fig. 3). 토지이용 변화 분석은 농과원에서 작성한 과거 토지이용도 ('99)와 농경지 지도를 이용하여 갱신한 토지이용도 ('07)를 ERDAS사 IMAGINE 프로그램의 행렬분석 (Matrix Analysis)기법을 이용하여 주거지와 농경지 간의 지목별 변화 면적을 구하여 수행하였다. 고양시 경우에는 1999년 당시 토지이용도가 현재의 도시 전체를 포함하지 못하고 있어 두 자료가 모두 포함되는 곳을 기준으로 경계를 삼아 행정구역을 재정의 하고 토지이용에 대한 변화를 분석하였다.

결과 및 고찰

기존 수치지도와 농경지 지도 비교 고해상도 위성영상과 지적도, 수치지형도, 경지총조사 표본, 농경지 지도의 정확도를 비교한 사례는 Fig. 4와 같다. 지적도와 경지총조사 표본 자료의 경우 실제 토지이용 형태와는 큰 차이를 보여 실제 현장 값과 비교를 통한 보정이 필요할 것으로 판단되며, 수치지형도의 경우 비교적 실제 농경지 형태와 유사

한 결과를 보였으나 일부 시설재배지를 밭으로 분류하는 등 농경지 지목을 혼동하여 표기하고 있어 추후 정확한 지목을 반영하여 수정이 필요할 것으로 판단된다.

Table 3은 통계청에서 발표되고 있는 농어업 생산통계의 경지면적, 국토해양부의 수치지적도 경지면적, 환경부 토지피복도의 경지면적을 상호 비교한 결과이다. 통계청에서 매년 발표하는 경지면적은 표본 구를 추출하여 면적을 조사하는 것으로 통계자료가 수치로 집계되는 1차원 정보이다. 반면 국토해양부, 환경부, 농과원에서 작성한 토지피복 또는 토지이용 경지 면적은 위치정보를 가진 폴리곤으로 구성된 지도로 2차원 정보이다. 공간적인 규모로 볼 때는 국토해양부의 지적도와 농과원의 농경지지도가 지번 또는 필지별로 분류한 결과로 가장 상세하다.

통계청 농어업 생산통계의 경지면적 자료는 농업분야의 국가 자료 생산을 위한 기본 자료로 활용되어 오고 있다. 3개 시에 대한 통계청의 논 면적 자료를 다른 자료와 비교해보면 농과원 농경지 지도의 논 면적과 가장 비슷한 것으로 나타났다. 밭 면적은 환경부 자료와 가장 비슷한 것으로 나타났다. 도시 근교인 고양시와 남양주시는 시설재배지의 면적이 논과 밭 면적 못지않게 넓게 분포하고 있으나 농어업

(a) Cadastral map

(b) Agricultural land survey sample

(c) Topographic map

(d) Farmland use map

Fig. 4. Comparison between farmland use map and other digital map.

Table 3. Comparison of farmland areas from various land cover/use information in Goyang, Namyangju, Yongin city.

City	Landuse	Agriculture Statistics (’07, Kosis)	Farmland use map (’07, RDA)	Cadastral map (’07, MLTM)	land cover (’05~’07, MiE)	Updated Landuse (’07, RDA)	Landuse (’99, RDA)
Scale		Sampling block (2ha)	Field (<1:5,000)	Parcel (<1:5,000)			
Dimension		Sampling plot (1D)	Area (2D)	Area (2D)	Area (2D)	Area (2D)	Area (2D)
Goyang (ha)	Paddy	2,125	1,987	3,896	3,458	2,073	5,398
	Upland	2,862	1,985	3,079	2,223	3,546	2,179
	Plastic film house	-	1,291	-	1,472	1,164	1,290
	Orchard	-	80	55	40	58	52
	Sum	4,987	5,343	7,030	7,193	6,841	8,919
Namyangju (ha)	Paddy	712	958	3,395	1,322	953	4,027
	Upland	3,516	2,675	3,364	3,573	4,698	3,818
	Plastic film house	-	1,201	-	1,072	997	654
	Orchard	-	449	148	283	666	887
	Sum	4,228	5,283	6,907	6,250	7,314	9,386
Yongin (ha)	Paddy	5,065	5,331	7,686	7,896	7,876	10,669
	Upland	3,340	2,195	4,538	3,408	5,234	5,466
	Plastic film house	-	383	-	577	388	226
	Orchard	-	33	22	70	338	368
	Sum	8,405	7,942	12,246	11,951	13,836	16,729

생산통계의 경지면적 자료는 이를 발표하지 않고 있어 향후 보완이 필요한 분야로 판단된다. 지적도 역시 농업통계 자료와 마찬가지로 논과 밭으로만 구분되어 시설재배지 면적을 알 수 없는데 이는 시설재배지가 기존 논과 밭에 만들어 지고 필요에 따라 세우거나 없애거나 하므로 현장조사에 의한 통계자료 작성이 힘들기 때문으로 판단된다. 농과원 농경지 지도의 과수원 면적은 지적도 및 토지피복도의 과수원 면적과 각각 다소 차이가 있으나 대체로 지적도의 과수원 면적과 좀 더 비슷한 것으로 나타났다.

이렇게 구축된 농경지 지도는 토양 조사 등 각종 조사사업의 최신 자료로 활용 될 수 있을 뿐 아니라, 정확한 경지면적 산출을 통해 농업통계 및 농업정책 자료로서 효율적인 경지관리에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

토지이용 변화 평가 농과원에서 ’99년 작성한 과거 토지이용도와 농경지 지도를 바탕으로 갱신한 ’07년 토지이용도를 이용하여 고양시, 남양주시, 용인시의 지목별 공간 분포 현황을 비교한 결과 (Fig. 5), 8년 동안 농경지에서 주거지로 급격한 지목 변화가 발생했음을 확인할 수 있었다. 이는 수도권 개발제한구역의 해제, 1980년대 이후 본격화된 신도시 개발 및 교통시설 확충에 따른 도시적 용지 수요를 농

지로 충당한 것에 기인한 것이다 (Choi et al, 2010; Hwang and Go, 2007; Lee and Hwang, 2006; Sakong, 2004).

고양시의 경우 논, 밭, 과수원, 시설재배지의 합인 농경지 면적이 ’99년 7,827 ha에서 ’07년 3,924 ha로 약 3,900 ha 정도 감소한 것으로 나타났다 (Table 4). 특히 논 면적이 4,331 ha에서 979 ha로 3,000 ha 이상 급격히 감소하였다. 그러나 상대적으로 밭과 시설재배지 면적의 경우 감소 폭이 100~500 ha 내외로 논에 비해 적은 것으로 나타났다. 반면, 같은 기간 주거지의 경우에는 3,155 ha에서 5,889 ha로 약 2,700 ha 정도 증가하여 ’99년에 비해 ’07년 주거지가 1.86 배로 크게 증가하였다. 고양시 주거지의 급격한 증가는 1980년대 이래 서울시의 인구분산을 위해 정부의 주택 200만호 건설 정책에 따라 대규모 택지 개발이 진행되었기 때문으로, Lee and Hwang (2006)은 1985년에서 2001년까지 16년 동안 택지로 개발하기 손쉬운 경지에서 약 51%의 면적이 도시지역으로 전환되었다고 보고하였다. Table 4의 농경지 면적은 Table 3에서 작성된 벡터 형태의 토지이용도를 행렬분석을 위하여 5 m 격자 (grid)로 변환하여 화소의 수를 센 후 25 m²를 곱하여 산정하였기 때문에 Table 3의 농경지 면적과 차이가 나타난다. 또한 고양시는 99년 당시 토지이용이 조사되지 않은 지역이 있어 그 지역을 제외하고

Fig. 5. Land use map surveyed by RDA in 1999 and updated landuse map in 2007 by using farmland use and cadastral maps in Goyang (a), Namyangju (b), and Yongin cities (c).

Table 4. Comparison of land use change between farmland and residential areas in Goyang, Namyangju, and Yongin cities (column: '99, row: '07).

Division	1999						2007					
	Farmland					Residential	Farmland					Residential
	Paddy	Upland	Orchard	Plastic film house	Sub total		Paddy	Upland	Orchard	Plastic film house	Sub total	
----- ha -----												
Goyang	4,331	2,156	52	1,288	7,827	3,155	979	1,690	76	1,179	3,924	5,889
Namyangju	4,026	3,819	887	654	9,386	2,134	957	2,663	448	1,200	5,268	4,271
Yongin	10,669	5,468	370	226	16,733	3,143	5,331	2,195	34	383	7,943	10,303

Table 5. Analysis of land use change between 1999 and 2007 in Goyang, Namyangju, and Yongin cities (column: '99, row: '07).

Goyang (ha)	Paddy	Upland	Orchard	Plastic film house	Residential
Paddy	844	715	17	587	1,140
Upland	33	406	14	146	653
Orchard	0	7	13	1	8
Plastic film house	64	220	6	384	242
Residential	15	124	6	21	2,327
Paddy	770	838	18	483	671
Upland	95	1,002	53	225	712
Orchard	6	149	267	32	115
Plastic film house	31	70	2	394	47
Residential	13	172	10	20	1,117
Paddy	4,833	557	3	266	2,081
Upland	241	1,054	8	50	1,440
Orchard	5	31	14	2	47
Plastic film house	62	19	0	45	33
Residential	57	152	1	10	1,886

토지이용 변화 분석을 하였기 때문에 행정구역과 농경지 면적이 실제보다 작다. Table 4와 Table 5에서는 토지이용 면적보다는 변화 분석에 초점을 두고 있다.

남양주시의 경우에도 '99년 농경지 면적은 9,386 ha 였으나, '07년 5,268 ha로 약 4,000 ha 정도 감소한 것으로 나타났다. 논 면적이 4,026 ha에서 2,663 ha로 가장 큰 폭으로 감소했으며 밭과 과수원도 각각 약 1,200 ha, 400 ha 정도 감소한 것으로 나타났다. 그러나 시설재배지의 경우 654 ha에서 1,200 ha로 2배 증가하였으며, 주거지의 경우에도 2,134 ha에서 4,271 ha로 2배 정도 증가한 것으로 나타났다.

용인시도 고양시, 남양주시와 유사한 경향을 보였다. 농경지는 16,733 ha에서 7,943 ha로 약 8,800 ha 감소하였으나, 주거지의 면적은 3,143 ha에서 10,303 ha로 크게 증가하였다. 농경지 중에서는 논이 감소폭이 가장 컸는데, 10,669 ha에서 5,331 ha로 3개 시 중에서는 가장 많은 면적의 논이 전용된 것으로 나타났다. 전체적으로 3개시 모두 조사기간 동안 논 면적이 3,000~5,000 ha 정도 전용되어 가장 급격하게 감소한 것으로 나타났으며, 이어 밭, 과수원 순이었다. 시설재배지의 면적은 비슷하거나 증가한 경향을 보여 다른 농경지와 다른 양상을 보였다. 이는 시설재배지의 경우 토지이용의 효율성이 강조되는 도시지역에 위치하고, 집약적인 경작방식으로 상대적인 고수익 소득을 가져다주며, 개발용지와 같은 도시적 용도로 전환할 수 있는 가능성이 있기 때문으로 판단된다 (Song and Gin, 2003).

농경지와 주거지 지목 간 상호 이동현황을 분석하기 위하여 '99년과 '07년 조사결과를 행렬 분석한 결과는 Table 5와 같다. 고양시의 경우 '99년 논으로 조사된 면적 중에서 주거지로 1,140 ha, 밭으로 715 ha, 시설재배지로 587 ha가 전용되었다. 밭의 경우에는 주거지로 653 ha, 시설재배지로 146 ha 전환되어 논과 밭의 전용 면적이 컸던 것으로 나타

났다. 이는 Choi et al. (2010)가 서울시 개발제한구역에 대하여 1999년부터 2007년까지 8년 동안 토지이용 변화를 분석한 결과 개발제한 구역이 해제되면서 논·밭의 경우 지형 성토를 통해 밭으로 바뀌게 되며, 밭에서 집약적인 농업방식인 시설경작지로 변경되는 경향을 보인다는 것과 유사한 결과라 할 수 있다. 남양주시도 논이 밭·주거지·시설재배지 순으로 각각 838 ha, 671 ha, 483 ha의 면적이 전용되었으며, 밭의 경우 주거지·시설재배지로 바뀌면서 각각 712 ha, 225 ha의 면적이 전용되었다. 도시의 확장에 따른 농경지의 주거지 전용은 용인시도 예외가 아니었다. 용인시의 경우 논은 주거지·밭·시설재배지 순으로 각각 2,081 ha, 557 ha, 266 ha의 면적이 전용되었으며, 밭의 경우에도 1,440 ha의 면적이 주거지로 변경된 것을 확인할 수 있었다.

도시 팽창에 따른 도시 인접 논·밭의 지속적인 감소는 식량 생산을 위한 우량 농경지의 손실이라는 측면 뿐 아니라, 도심열섬 현상을 완화시키고 습지로서 생물다양성의 가치를 지닌 생태문화 공간의 축소라는 측면 (Choi et al., 2010)에서 향후 친환경적 유지관리 방안에 대한 논의가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

급격한 토지이용의 변화가 진행되고 있는 수도권 인근의 고양시, 남양주시, 용인시를 대상으로 고해상도 영상과 수치지도를 활용하여 논, 밭, 시설재배지, 과수원의 면적과 형상, 이용 현황을 파악하기 위한 농경지 지도를 작성하여 기존 수치지도와 비교한 결과 기존 수치지도에 비해 농경지의 이용 현황을 보다 세부적으로 정확하게 분류할 수 있었다. 또한, 농경지 지도와 수치 지적도의 농경지 부분을 중첩하여 '07년 토지이용도로 갱신하고 '99년에 작성된 토지이용

도와 비교한 결과 3개 시 모두 조사기간 동안 논 면적이 3,000~5,000 ha 정도 크게 감소한 것으로 나타났으며, 밭과 과수원도 논과 함께 주거지로 전용되면서 감소하는 추세였다. 그러나 집약적인 재배가 가능하여 고소득이 기대되고 다른 지목으로 변경이 용이한 시설재배지의 경우에는 면적이 비슷하거나 증가한 경향을 보였다.

향후 고해상도 영상을 활용한 농경지 지도의 확대 구축과 이를 활용한 토지이용도 제작은 토양 조사 등 각종 조사사업의 최신 자료로 활용될 수 있을 뿐 아니라, 정확한 경지면적 산출을 통해 농업통계 및 농업정책 자료로서 효율적인 경지관리에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호:PJ008546012012) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Bae, S.H., C.H. Kim, and Y.C. Shin. 2003. Using high resolution satellite imagery for new address system. J. Korean Assoc. Geographic Info. Studies. 6(4):109-121.
- Campbell, J.B. 1996. Introduction to remote sensing, 2nd ed. The Guilford Press, New York, NY, USA, p.4-5, 550-551.
- Choi, J.W., K.J. Lee, T.H. Noh, and S.H. Min. 2010. Change of landuse for eight years(1999~2007) in greenbelt area, Seoul. J. Environ. Sci. 19(8):1025-1034.
- Eom, J.A., J.K. Choi, J.H. Ryu, and J.S. Won. 2010. Monitoring of shoreline change using satellite imagery and aerial photograph : for the Jukbyeon, Uljin. Korean J. Remote Sens. 26(5):571-580.
- Hwang, H.C. and Y.B. Go. 2007. An analysis on the structural changes of rural land use according to urbanization. J. Rural Planning Assoc. 13(2):85-92.
- Hong, S.E., D.H. Yi, and S.H. Park. 2004. Land category non-coincidence measurements using high resolution satellite images and digital topographic maps. J. Korean GIS Assoc. 12(1):43-56.
- Hong, S.M., I.G. Jung, and S.J. Kim. 2004. Standardizing agriculture-related land cover classification scheme using IKONOS satellite imagery. Korean J. Remote Sens. 20(4):253-259.
- Hong, S.K., S.K. Rim, S.H. Lee, J.C. Lee, and Y.H. Kim. 2008. Spatial analysis of agro-environment of North Korea using remote sensing I. landcover classification from Landsat TM imagery and topography analysis in North Korea. Korean J. Environ. Agric. 27(2):120-132.
- Jang, J.D. 2006. Rural land cover classification using multispectral image and LIDAR data. Korean J. Remote Sens. 22(2):101-110.
- Jeong, J.J. 2005. Developments of urban change detection methods according to spatial resolution of satellite images. Geographical J. Korea. 39(1):161-170.
- Ku, C.Y. and H.Y. Jang. 2006. Landcover classification using high-resolution satellite image with vector polygon data. Geographical J. Korea. 40(3):449-459.
- Ku, C.Y. 2007. Generation of the land cover map with high resolution satellite image. Geographical J. Korea. 41(1):83-94.
- Ku, C.Y. 2011. A study on managing and processing the images with different spatial resolution for the systemic land cover classification. Geographical J. Korea. 45(3):375-386.
- Lee, B.Y., C.H. Lee, S.W. Lee, and D. Ha. 2009a. Application of the high resolution aerial images to estimate nonpoint pollution loads in the unit load approach. Korean Soc. Environ. Impact Assessment. 18(5):281-291.
- Lee, K.S., Y.S. Yoon, S.H. Kim, J.I. Shin, J.S. Yoon, and S.J. Kang. 2009b. Analysis of present status for the monitoring of land use and land cover in the Korean peninsula. Korean J. Remote Sens. 25(1):71-83.
- Lee, H.D. and C.S. Hwang. 2006. The spatio-temporal change of the land use pattern according to the substantial residential site development. Geographical J. Korea. 40(1):155-167.
- Oh, C.Y., K.T. Kim, and C.U. Choi. 2009. Analysis of landslide characteristics of Inje area using SPOT5 images and GIS analysis. Korean J. Remote Sens. 25(5):445-454.
- Pak, H.C., H.S. Kim, Y.W. Jo, and M.H. Jo. 2008. Utilization plan research of high resolution images for efficient river zone management. Korean J. Remote Sens. 24(2):205-211.
- Sakong, H.S. and J.H. Im. 2003. An Empirical study on the land cover classification method using IKONOS image. J. Korean Assoc. Geographic Info. Studies. 6(3):107-116.
- Sakong, H.S. 2004. Characteristics of urban sprawl in seoul metropolitan region : an integration of remote sensing and GIS approach. Korea spatial planning review. 40:53-69.
- Son, H.G., S.B. Kim, E.J. Kim, and S.Y. Lee. 2011. A study on traditional darangyi-rice terrace as design factors of agricultural landscape. Korean J. Traditional Landsc. Archi. 29(1):157-165.
- Song, I.J. and Y.R. Gin, 2003, A study on management for the cultivate land of greenhouses through landscape ecological pattern analysis in seoul urban area. Kor. J. Env. Eco. 17(1), 56-70.
- Tuceryan, M. and A.K. Jain. 1998. Texture anlysis. in Chen et. al eds. the handbook of pattern recognition and computer vision. World Scientific Publishing. 207-248.
- United States Department of Agriculture, Farm Service Agency. 2004. Common Land Unit, FSA handbook. p112.
- Van der Sande, C.J., S.M. Jong, and A.P.J. Roo. 2003. A segmentation and classification of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 4:217-229.