

항공사진을 활용한 양양 해안사구 지역의 토지피복 변천 분석*

한갑수^{1*} · 김경남²

Analysis of Land Cover Change of Coastal Sand Dunes in Yangyang Using Aerial Photographs*

Gab-Soo HAN^{1*} · Kyeong-Nam KIM²

요 약

본 연구의 목적은 양양지역에 위치하는 오산사구 및 동호사구를 대상으로 사구지역의 범위를 설정하고, 항공사진을 이용하여 시계열적 토지피복의 변천 특성을 파악하는 것이다. 토양도의 특성을 이용하여 사구지역의 범위를 설정하였으며, 항공사진을 활용하여 시기별 토지피복도를 작성하였다. 토지피복의 분석결과, 오산사구 및 동호사구 모두 1974년 이래 해빈과 농경지의 면적이 계속해서 감소한 것으로 나타났으며, 산림지 면적은 상대적으로 증가하였는데 이는 해빈에서의 수목식재와 산림면적의 자연적인 증가에 기인한 것이었다. 한편, 시설지와 나지는 전 시기에 걸쳐 증가한 것으로 나타났으며, 특히 1992년 이후 크게 증가한 것으로 나타났다. 이러한 변화는 습지, 해빈 등의 감소로 이어져 사구생태계에 영향을 미친 것으로 분석되었다.

주요어 : 항공사진, 오산사구, 동호사구, 토지피복 변천

ABSTRACT

The purpose of this study was to set the boundary of the coastal sand dunes and to analyze the change characteristics of land cover types using aerial photographs on Osan and Dongho coastal sand dunes in Yangyang. The boundaries of sand dunes were established using digital soil map, and land cover maps were made for each year using aerial photographs. As results of analysis, both beach and farmland areas have been decreased, since 1974 and forest area was relatively increased due to planting and forest growth. Facilities and bare land have been greatly increased since 1992. Loss of wetland, and beach due to these changes had an impact on the ecosystem destruction of sand dunes.

KEYWORDS : *Aerial Photographs, Osan and Dongho Sand Dunes, Land Cover Change*

2010년 4월 28일 접수 Received on April 28, 2010 / 2010년 6월 4일 수정 Revised on June 4, 2010 / 2010년 6월 25일 심사완료 Accepted on June 25, 2010

* 본 논문은 2010 한국지리정보학회 춘계학술대회(2010.05.12)에서 발표한 논문을 수정·보완한 것입니다.

1 강릉원주대학교 환경조경학과 Dept. of Environmental Landscape Architecture, Gangneung-Wonju National University

2 강원발전연구원 녹색정책실 Green Growth Policy, Research Institute for Gangwon

※ 연락처 E-mail : hangsg@gwnu.ac.kr

서론

해안지역은 물과 물이 만나는 점이지대로서 지형형성이 매우 역동적으로 이루어지는 공간이다(손명원 등, 2002). 해류와 연안류에 의해 모래나 자갈이 해안으로 운반되어 해변이 형성되며, 해변의 세립질 모래는 바람에 의해 해변 배후에 쌓여 모래언덕 즉, 전사구를 만들게 된다. 바람이 강한 해안에서는 전사구가 바람에 의해 침식된 후 다시 퇴적되어 2차 사구를 형성하며, 사구와 사구, 사구와 배후산지 사이에는 사구습지가 분포한다(환경부, 2002). 이와 같이 해안사구 지역은 해변, 사구, 습지 등이 하나로 연결되어 있는 독특한 지형특성을 보이며, 태풍에 의한 모래의 유실 시 사빈에 모래를 공급하여 해안선과 배후지역을 보호하고, 지하수를 저장하여 해수가 육지로 침입하는 것을 방지하는 기능을 수행한다. 또한 강한 바람과 높은 염분 농도, 부족한 수분, 척박한 영양분 등 일반적인 육상동식물이 서식하기에 어려운 환경을 이루고 있으나, 내륙과는 다른 사구 식물 및 곤충이 분포하고 있으며, 사구 습지에는 신두리 사구에서와 같이 육지의 다른 곳에서 사라져 가는 금개구리와 맹꽁이 등이 서식하는 등 종 풍부도가 높아 보존가치가 높은 생태계를 이루고 있다(환경부, 2002; 송호경 등, 2005; 태안군, 2004).

한편, 해안사구는 바다에 인접하고 독특한 지형을 형성하여 경관적 가치가 높고 개발이 용이하며, 해안사구에 대한 가치 인식이 미흡하여 개발요구가 큰 지역으로서 보존과 이·활용의 갈등이 첨예하게 대립되는 공간이며(강대균, 2003; 최지연, 2005), 난개발에 의한 해안침식과 함께 사구식생 훼손 및 생물상의 변화가 현저하게 나타나는 곳이기도 하다(Van der Maarel, 1971; Wilson, 1988; 변무섭과 박준모, 2002). 따라서 향후 사구지역의 체계적인 보전 또는 이·활용 계획을 위해서는 과거에서 현재까지의 토지피복 변천 특성을 파악할 필요가 있다.

해안사구 지역의 토지피복변화와 관련된 선

행연구에서 양지연과 최철웅(2006)은 해운대 해수욕장을 대상으로 IKONOS 위성영상을 활용하여 해안선을 추출하고 토지피복 면적의 변화를 분석한 바 있다. 박경과 장은미(2002)는 항공사진과 IKONOS 위성영상을 이용하여 태안해안국립공원의 사구지역의 변화를 연구하였다. 박의준과 구자용(2003)과 강준목 등(2005)은 Landsat 영상을 이용하여 영종도 북부 해안습지 및 서해안 지형의 변화를 각각 분석하였다. 환경부와 국립환경연구원(2004)은 동호사구를 대상으로 지형과 지표피복 현황을 보고한 바 있다. 이와 같이 선행연구는 주로 해안선, 해변, 지형 등에 관하여 위성영상을 이용하여 분석하였다. 비교적 좁은 면적의 사구지역을 대상으로 구체적 토지피복 유형의 변천에 관한 연구는 활발하게 진행되어 오지 않았으며, 토지피복이 어떠한 유형으로 변화되었는지에 대한 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 동해안의 양양사구와 동호사구를 대상으로 사구지역의 범위를 설정하고, 1970년대에서 2000년대에 걸친 시기별 항공사진을 이용하여 육안판독을 통해 토지피복도를 작성하고 이를 통해 토지피복 유형의 시기별 변천 특성을 파악하는 것을 목적으로 한다. 양 사구는 타 지역의 해안사구에 비해 비교적 보전상태가 양호하였으나, 점차 사구 생태계의 훼손이 진행되는 곳으로 분류되고 있다(환경부와 국립환경연구원, 2004). 현재 일부지역에 주거지, 레포츠시설, 군부대 등이 분포하고 해변은 해수욕장으로 이용되고 있으며, 리조트 개발 및 콘도건설이 진행 중으로 향후 사구의 훼손가능성은 더욱 증가하고 있는 상태이다.

연구방법

1. 연구지역 현황

오산사구는 강원도 양양군 송정리와 가평리에 걸쳐 분포하며, 동호사구는 오산사구에서 남으로 약 3km 떨어진 곳에 하광정리와 동호리

에 걸쳐 위치한다(그림 1). 오산사구의 길이와 폭은 각각 2.3km, 890m이며, 면적은 약 1.5km²이다. 동호사구의 길이는 전국의 해안사구 중 가장 긴 6.1km이며, 폭은 770m이고 면적은 약 3.0km²로서 오산사구의 2배에 해당한다. 양 사구 모두 국내의 타 해안사구(환경부, 2002)에 비해 상대적으로 넓은 규모를 보인다. 오산사구의 북측에 남대천, 남측에는 동명천이, 동호사구에는 북측에 상운천, 중간에 여운포천, 남측에 광정천이 분포한다. 양양지역과 같이 화강암 풍화층이 많은 곳에 위치한 하천은 모래 공급을 통해 사빈 형성에 기여하는 것으로 알려져 있다(환경부와 국립환경연구원, 2004).

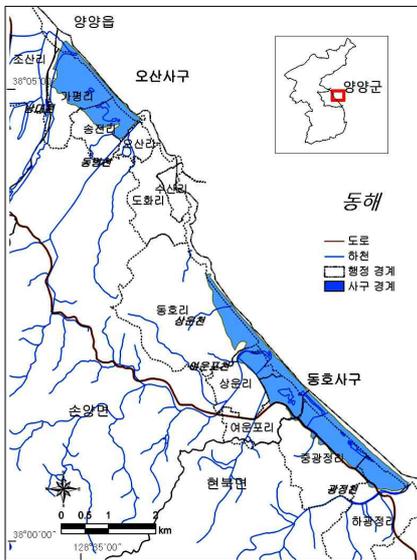


FIGURE 1. 연구대상지 위치

2. 자료수집 및 가공

본 연구에 활용된 자료는 표 1과 같이 수치토양도, 수치지형도, 항공사진 등이었다. 수치토양도는 사구의 범위 설정에, 수치지형도는 현황 분석 및 토지피복도 작성 시 참고자료로 각자 이용하였다. 항공사진은 토지피복도 작성을 위해 수집하였는데, 이는 좁은 면적에서의 토지피복 현황 분석 시 위성영상에 비해 분류 정확도가 뛰어나기 때문이다. 선행연구에서 서동조 등(1999)은 지피의 분류시 Landsat 영상의 낮은 공간해상도로 인한 분석의 오류를 지적한 바 있으며, 오치영 등(2010)은 고해상도 위성영상의 토지피복분류와 정확도 비교를 통해 공간해상도가 뛰어난 QuickBird 영상과 항공사진의 분류일치도가 높음을 밝힌 바 있다.

항공사진은 1974년에서 2005년까지 4 시기에 걸쳐 촬영된 것으로 토지피복도 작성에 활용하였다. 이 항공사진은 산림청에서 산림자원 조사를 위해 1974년 이래 6~12년 간격으로 주기적으로 촬영된 것이었다. 수집된 항공사진을 스캐너로 입력하고, Pixoneer 제작 영상처리 프로그램인 PG Steamer 4.1에서 기하보정을 실시하여 지리좌표를 입력하였다. 즉, 축척 1/5,000의 수치지도를 참고자료로 항공사진과 수치지도 상에 지상기준점(GCP)을 선정하고, RMS Error를 1.0 이하로 하여 Resampling을 실시하였다. 모든 자료의 Datum은 Korean 1985, 투영 좌표계는 동부원점(129.002890, 38.000000)을 기준으로 하였다.

TABLE 1. 수집 자료 목록

| 종 류 | 제작/촬영시기 | 축척 | 매수 | 비 고 |
|-----------|----------|----------|----|---------|
| 수 치 토 양 도 | 2004 | 1/25,000 | 1 | 국립농업과학원 |
| 수 치 지 형 도 | 1997 | 5,000 | 9 | 국립지리원 |
| 수 치 지 형 도 | 2000 | 25,000 | 1 | 국립지리원 |
| 항 공 사 진 | 1974. 10 | 1/15,000 | 3 | 산림과학원 |
| 항 공 사 진 | 1980. 10 | 1/15,000 | 3 | 산림과학원 |
| 항 공 사 진 | 1992. 10 | 1/15,000 | 3 | 산림과학원 |
| 항 공 사 진 | 2005. 10 | 1/15,000 | 3 | 산림과학원 |

3. 사구지역 범위 설정

사구지역은 강한 바람과 모래 성분으로 인해 지형 및 지표특성의 변화가 잦은 곳으로 지표의 형태만으로 그 경계를 명확히 구분하기 어렵다. 최희경(2010)은 토양도 상의 심토 토성이 사질인 곳 전체를 사구지역으로 구분한 바 있으나, 그 외에 사구의 범위 설정과 관련한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 선행연구를 반영하여 수치토양도의 속성내용 중 심토가 모래인 곳을 추출하고, 여기에 토성이 사질토양인 경우를 추가하여 사구지역의 범위를 설정하였다(그림 2). 이는 심토의 경우, 사구 생성 이래 큰 변화없이 사구의 특성을 유지해왔을 것으로 판단되었기 때문이며, 토성의 경우 표토와 관련된 것으로 심토에 비해 단기간에 형성된 사구특성을 반영하기 위함이었다. 육지와 바다와의 경계선은 수치지도를 활용하여 설정하였다. 본 연구에서 사구는 해변, 전사구 등을 포괄하는 지역 단위를 의미한다.

4. 시기별 토지피복도 작성 및 분석

토지피복도는 1974년, 1980년, 1992년, 2005년의 항공사진(그림 3과 그림 4)을 활용

하여, ESRI의 GIS 프로그램인 ArcGIS 9.3을 통해 사구지역을 대상으로 작성하였다. 토지피복의 유형은 농경지, 시설지, 초지, 습지, 해변, 하천, 나지, 해수면 등으로 구분하였다. 농경지에는 논, 밭 등을, 시설지에는 주거지, 상업지, 군부대, 도로 등을 포함하였다. 습지는 물 또는 물을 포함하는 초본 식생을 대상으로 분류하였으며, 물이 관찰되지 않는 초본지역은 초지로 구분하였다. 나지는 인공시설이 분포하지 않고 식생이 부재하며, 인위적 활동에 의한 생성된 공지를 의미한다. 한편 해수면은 기 설정된 사구지역 내에 분포하는 해수면이 그 대상이었으며, 수애선을 해안선으로 하였다(최철웅과 김영섭, 2001).

토지피복도 작성 시 항공사진의 원본을 휴대용 입체경(×40)으로 관찰하며 분류하였으며, 판독이 어려운 부분은 현장답사를 통해 보완하였다. 작성된 시기별 토지피복도를 래스터형식으로 전환하여 토지피복 유형별로 코딩한 후, 래스터 연산을 통해 시기별 변천과정을 통계 처리하였다. 토지피복도와 토지피복 요소별 면적을 통해 시기별 토지피복특성을 파악하고 경년별 변천과정을 비교분석하였다.

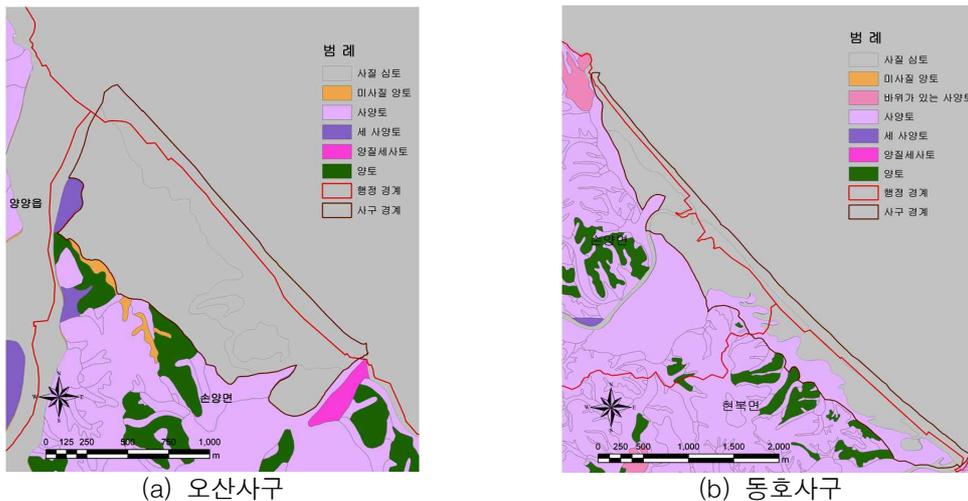


FIGURE 2. 사구지역의 심토 및 토성분포도

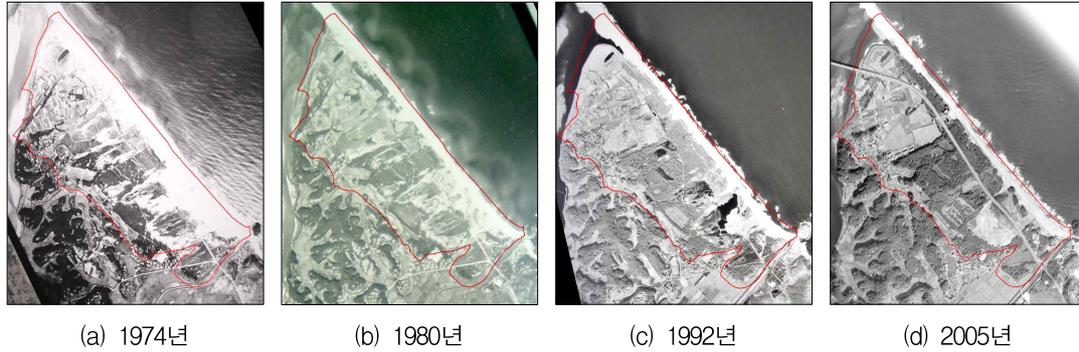


FIGURE 3. 오산사구의 시기별 항공사진

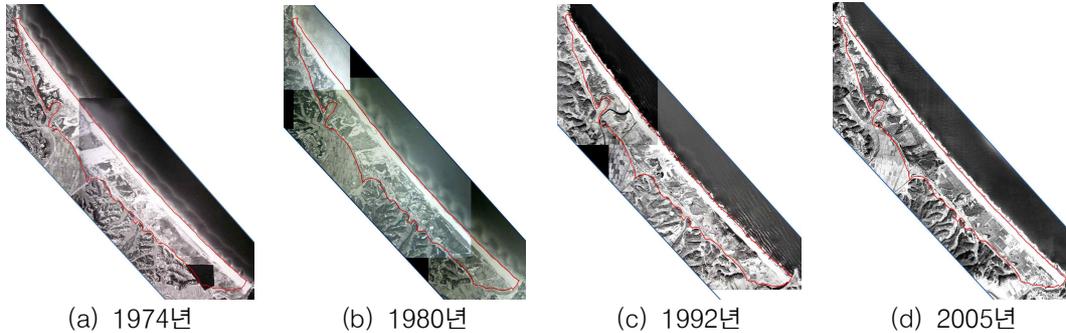


FIGURE 4. 동호사구의 시기별 항공사진

결과 및 고찰

1. 오산사구의 시기별 토지피복 변천

1974년에 해빈은 전체 면적의 약 28.9%를 차지하여 가장 넓게 분포하였으며, 이어서 농경지(28.5%), 산림지(23.7%) 등의 순이었다(표 2). 이들이 차지하는 비율은 81.1%로서 사구지역의 경관을 구성하는 주된 피복유형이었다. 해빈은 동해와 접하여 위치하며, 남측에는 내륙으로 폭 넓게 분포하였다(그림 5). 산림지는 중앙과 남측에 넓게 분포하는데, 해빈과 인접한 산림지의 경우, 치수림 위주의 산림으로서 수목밀도와 수목피도는 낮은 것으로 관찰되었다. 중앙의 산림지 남측에는 사구형성에 따라 생성된 것으로 여겨지는 넓은 면적의 습지가 분포하였으며, 북측에도 작은 습지가 위치하고 이를 둘러싼 초지가 분포하였다.

1980년에는 중앙 북측과 북서측의 산림지가

이전에 비해 뚜렷하게 분포하는 것으로 나타났다. 이는 시간의 경과에 따른 산림지의 확장과 함께 인공적인 식재가 행해졌기 때문이었다. 토지피복유형의 구성 비율은 농경지(28.2%), 산림지(27.2%), 해빈(26.6%)의 순으로 나타났는데, 해빈은 산림지의 증가와 부분적인 해안침식에 따라 감소한 것으로 나타났다(표 3). 1992년에 산림지는 전체 면적의 약 32.9%로서 가장 넓은 토지피복 형태를 보였으며, 이는 북동측과 남서측의 산림면적 증가에 기인한 것이었다. 농경지와 해빈 면적은 1980년에 비해 감소한 반면, 시설지는 증가를 나타냈다. 해빈은 12.9%로서 이전에 비해 낮은 비율을 보였다. 오산사구의 남측에는 시설지가 새롭게 분포하였는데 이는 대학수련원의 건설에 따른 것이었다. 북측의 남대천과 인접한 곳에는 하천 침식에 의해 하천 면적이 증가하고, 초지 및 해빈의 형태가 변경되었다.

2005년의 경우, 산림지가 전체 면적의 36.2%로 증가하였는데, 이는 농경지, 습지 및 초지가 산림지로 변환 것이었다(표 5). 농경지는 일부 면적이 감소하여 21.4%를 차지하였다. 나지와 시설지는 크게 증가하여 전체 면적의 약 18.9%를 차지하여 해빈(10.4%)에 비해 더 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 나지의 증가는

산림지, 습지 및 초지지역이 변천된 것으로 현재 오토캠핑장, ATV체험장 등으로 활용되고 있으며, 일부는 리조트 건설예정지로 기반이 조성된 상태이다. 시설지의 증가는 사구 남북의 관통 도로 개설, 주거지 확장, 해빈 및 산림지의 각종 시설 건설 등에 기인한 것이었다.

TABLE 2. 오산사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 분포 단위 : m²(%)

| 유형 | 1974년 | 1980년 | 1992년 | 2005년 |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 나 지 | 15,596(1.0) | 1,326(0.1) | 2,493(0.2) | 152,507(9.9) |
| 시설지 | 42,253(2.7) | 61,640(4.0) | 79,478(5.2) | 139,111(9.0) |
| 농경지 | 439,426(28.5) | 434,518(28.2) | 423,735(27.5) | 329,511(21.4) |
| 초 지 | 88,271(5.7) | 48,023(3.1) | 123,692(8.0) | 61,574(4.0) |
| 산림지 | 364,697(23.7) | 418,264(27.2) | 506,891(32.9) | 557,919(36.2) |
| 습 지 | 125,582(8.2) | 123,077(8.0) | 139,054(9.0) | 45,594(3.0) |
| 하 천 | 18,504(1.2) | 26,303(1.7) | 40,908(2.7) | 48,139(3.1) |
| 해 빈 | 445,504(28.9) | 409,019(26.6) | 199,036(12.9) | 160,158(10.4) |
| 해수면 | 0(0.0) | 17,663(1.1) | 24,546(1.6) | 45,320(2.9) |
| 합 계 | 1,539,833(100.0) | 1,539,833(100.0) | 1,539,833(100.0) | 1,539,833(100.0) |

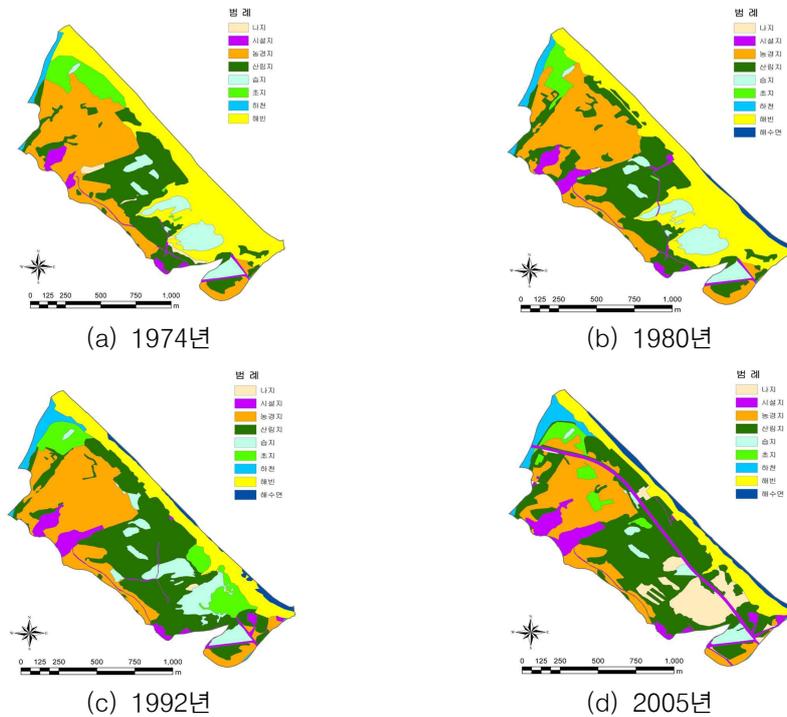


FIGURE 5. 오산사구의 시기별 토지피복 분포도

TABLE 3. 오산사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 변천(1974~1980)

단위 : m²

| 1980 1974 | 나지 | 시설지 | 농경지 | 초지 | 산림지 | 습지 | 하천 | 해빈 | 해수면 | 계 |
|--------------|-------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|
| 나 지 | 1,326 | 4,585 | 26 | 71 | 2,266 | - | - | 7,322 | - | 15,596 |
| 시설지 | - | 38,878 | 1,058 | - | 2,152 | 100 | - | 65 | - | 42,253 |
| 농경지 | - | 10,139 | 374,887 | 7,264 | 46,871 | - | 199 | 66 | - | 439,426 |
| 초 지 | - | - | 28,222 | 28,070 | 21,157 | 1,580 | 1,986 | 7,256 | - | 88,271 |
| 산림지 | - | 6,183 | 23,824 | 473 | 324,660 | 3,742 | 3,804 | 2,011 | - | 364,697 |
| 습 지 | - | 1,059 | 309 | 808 | 6,747 | 115,662 | - | 997 | - | 125,582 |
| 하 천 | - | - | - | - | - | - | 17,802 | 702 | - | 18,504 |
| 해 빈 | - | 796 | 6,192 | 11,337 | 14,411 | 1,993 | 2,512 | 390,600 | 17,663 | 445,504 |
| 해수면 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 계 | 1,326 | 61,640 | 434,518 | 48,023 | 418,264 | 123,077 | 26,303 | 409,019 | 17,663 | 1,539,833 |

TABLE 4. 오산사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 변천(1980~1992)

단위 : m²

| 1992 1980 | 나지 | 시설지 | 농경지 | 초지 | 산림지 | 습지 | 하천 | 해빈 | 해수면 | 계 |
|--------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|
| 나 지 | - | 417 | - | - | 909 | - | - | - | - | 1,326 |
| 시설지 | - | 52,069 | 392 | - | 8,177 | 1,002 | - | - | - | 61,640 |
| 농경지 | - | 8,470 | 373,190 | 20,583 | 19,070 | 11,547 | 1,658 | - | - | 434,518 |
| 초 지 | - | 186 | 271 | 27,847 | 6,986 | 71 | 10,423 | 2,239 | - | 48,023 |
| 산림지 | - | 12,188 | 45,540 | 318 | 356,178 | 1,375 | 200 | 2,465 | - | 418,264 |
| 습 지 | - | 1,869 | - | 15,370 | 11,110 | 94,728 | - | - | - | 123,077 |
| 하 천 | - | 83 | - | 294 | 1,147 | - | 24,730 | 49 | - | 26,303 |
| 해 빈 | 2,493 | 4,204 | 4,342 | 59,280 | 103,314 | 30,331 | 3,897 | 188,463 | 12,695 | 409,019 |
| 해수면 | - | - | - | - | - | - | - | 5,812 | 11,851 | 17,663 |
| 계 | 2,493 | 79,486 | 423,735 | 123,692 | 506,891 | 139,054 | 40,908 | 199,028 | 24,546 | 1,539,833 |

TABLE 5. 오산사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 변천(1992~2005)

단위 : m²

| 2005 1992 | 나지 | 시설지 | 농경지 | 초지 | 산림지 | 습지 | 하천 | 해빈 | 해수면 | 계 |
|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|-----------|
| 나 지 | 2,493 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2,493 |
| 시설지 | 194 | 74,236 | 442 | - | 4,432 | 101 | - | 81 | - | 79,486 |
| 농경지 | 2,158 | 28,613 | 306,262 | 26,597 | 60,057 | 48 | - | - | - | 423,735 |
| 초 지 | 31,141 | 6,442 | 14,272 | 26,865 | 42,032 | - | 2,893 | 47 | - | 123,692 |
| 산림지 | 58,106 | 22,191 | 4,232 | 1,760 | 420,194 | 143 | 207 | 58 | - | 506,891 |
| 습 지 | 56,093 | 6,204 | 3,803 | 5,910 | 21,742 | 45,302 | - | - | - | 139,054 |
| 하 천 | - | 879 | 500 | 442 | 701 | - | 38,306 | 80 | - | 40,908 |
| 해 빈 | 2,322 | 554 | - | - | 8,761 | - | 6,733 | 155,485 | 25,173 | 199,036 |
| 해수면 | - | - | - | - | - | - | - | 4,399 | 20,147 | 24,546 |
| 계 | 152,507 | 139,119 | 329,511 | 61,574 | 557,919 | 45,594 | 48,139 | 160,150 | 45,320 | 1,539,833 |

토지피복 유형별 변천 특성을 보면, 1974년에서 2005년으로 갈수록 초지, 습지, 해변 및 농경지는 감소하고, 나지, 시설지, 산림지, 하천 및 해수면은 증가한 것으로 나타났다. 초지와 습지의 경우는 1980년에서 1992년 사이에 해변의 감소에 따라 일시적으로 증가하기도 하였으나, 2005년에는 나지와 산림지의 증가로 전체적으로 감소한 것으로 나타났다. 해변은 기존 연구(양지연과 최철웅, 2006)와 같이 감소한 것으로 나타났는데, 산림지와 초지의 증가가 주된 원인으로 파악되었다.

산림지는 주로 초지, 농지 및 해변에서 변천된 것으로 나타났다. 나지와 시설지는 1992년에서 2005년 사이에 급격히 증가한 것으로 나타났다는데, 나지는 초지, 산림지, 습지에서 변천된 것이며, 시설지는 농경지와 산림지의 감소를 동반하였다.

한편, 시설지의 일부가 산림으로 변화된 것으로 나타났는데 이는 산림의 성장에 따라 산림내 도로가 수관에 뒤덮여 항공사진 상 산림의 특성을 나타낸 것으로 실제로는 도로가 존재하는 것으로 추정된다. 하천이 타 토지피복 유형으로의 변천한 주된 원인은 하천 흐름의 변화에 따른 것이었다. 시설지가 해변, 또는 습지로 변천된 것으로 나타났으나, 이는 일반인 토지이용과는 거리가 있는 것으로 시기별 피복유형의 명확한 경계선 일치 오류에 따른 오차로 판단된다.

2. 동호사구의 시기별 토지피복 변천

1974년에 해변이 전체 면적의 약 38.9%로 가장 넓게 분포하였으며, 이어서 농경지(27.0%), 초지(15.7%) 및 산림지(10.1%)의 순이었다(표 6). 그림 6과 같이 해변에 인접하여 초지, 산림지, 습지, 농경지 등이 분포하였다. 동호사구 중앙 여운포리에 분포하는 습지는 수면이 차지하는 면적은 상대적으로 크지는 않지만 수면을 둘러싼 초지 대부분이 습지식물이 넓게 분포하는 것으로 현지답사 결과 확인되었다. 이 지역은 장마철에 우수와 해수가 유입되어 일시적으로 넓은 면적에 걸쳐 물이 분포하지만, 점차 감소하여 좁은 면적의 수면이 유지되는 것으로 나타났다.

1980년에는 여운포 습지 북측 해변에 치수림이 관찰되었으며, 양양군으로부터 인공적인 식재가 행해졌음이 확인되었다. 1992년에는 남측에 군사시설부지 조성으로 시설지가 확대되었으며, 해변의 감소가 상대적으로 크게 나타났다. 그 외에는 1980년과 비교하여 토지피복 유형 및 면적에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 2005년에는 큰 변화를 보였는데, 동호사구 북측 주거지가 확대되고 남측에는 주거지가 새롭게 조성되었으며, 중앙부에 공공시설, 남측의 군사시설 등이 건설되어 시설지 면적은 전체의 약 15.6%로 크게 증가하였다. 여운포리 남측의 일부 초지는 현재 대학수원원부지로 예정되어 있어 시설지 면적은 더욱 증가할 것으로 예상된다. 나지의 경우도 남측에 크게 확대된 것으로 나타났다.

TABLE 6. 동호사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 분포

단위: m²(%)

| 유형 | 1974년 | 1980년 | 1992년 | 2005년 |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 나 지 | 0(0.0) | 58(0.0) | 29,624(1.0) | 125,062(4.2) |
| 시 설 지 | 113,950(3.8) | 154,953(5.2) | 193,191(6.4) | 467,263(15.6) |
| 농 경 지 | 808,524(27.0) | 808,578(27.0) | 696,339(23.2) | 342,254(11.4) |
| 초 지 | 470,648(15.7) | 573,520(19.1) | 662,700(22.1) | 614,596(20.5) |
| 산 립 지 | 302,829(10.1) | 473,353(15.8) | 531,701(17.7) | 641,341(21.4) |
| 습 지 | 87,280(2.9) | 90,005(3.0) | 103,299(3.4) | 90,576(3.0) |
| 하 천 | 41,077(1.4) | 59,800(2.0) | 35,055(1.2) | 33,766(1.1) |
| 해 빈 | 1,165,708(38.9) | 768,892(25.6) | 610,327(20.4) | 635,232(21.2) |
| 해 수 면 | 8,868(0.3) | 69,725(2.3) | 136,648(4.6) | 48,794(1.6) |
| 합 계 | 2,998,884(100.0) | 2,998,884(100.0) | 2,998,884(100.0) | 2,998,884(100.0) |

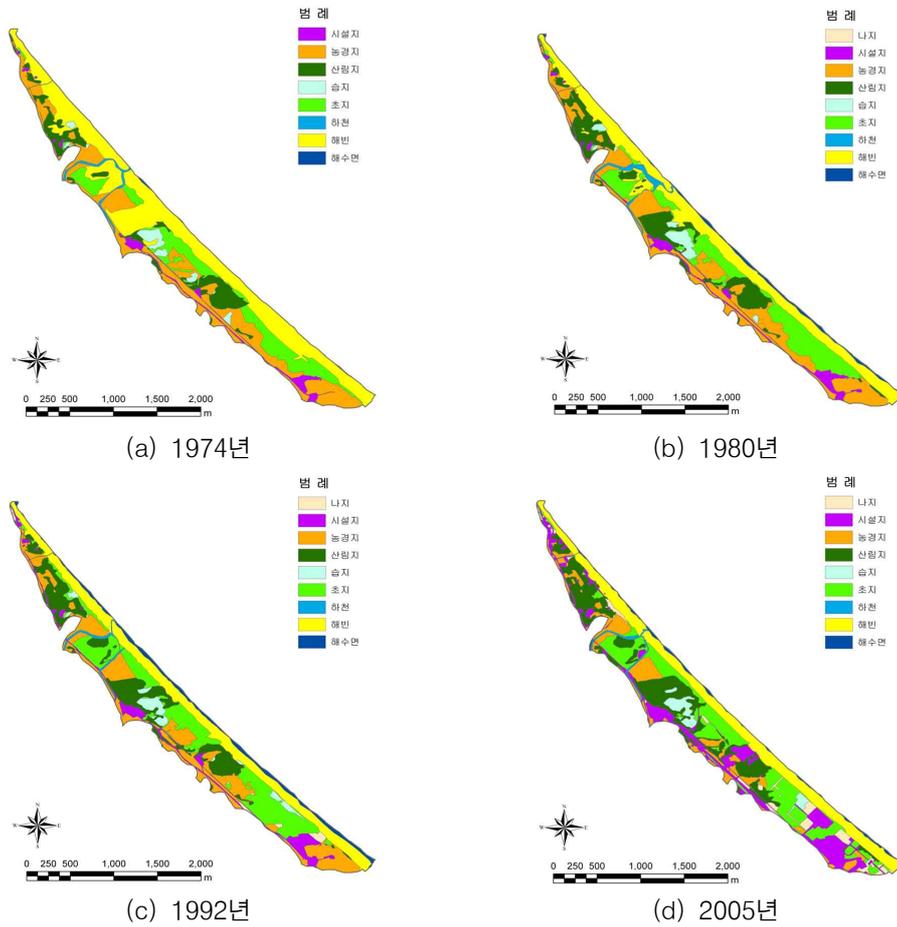


FIGURE 6. 동호사구의 시기별 토지피복 분포도

TABLE 7. 동호사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 변천(1974~1980)

단위 : m²

| 1980 1974 | 나지 | 시설지 | 농경지 | 초지 | 산림지 | 습지 | 하천 | 해빈 | 해수면 | 계 |
|--------------|----|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|-----------|
| 나 지 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 시설지 | - | 111,980 | 1,329 | 289 | 352 | - | - | - | - | 113,950 |
| 농경지 | 58 | 30,257 | 732,527 | 25,143 | 16,355 | 240 | 2,658 | 1,286 | - | 808,524 |
| 초 지 | - | 4,700 | 22,978 | 410,902 | 18,622 | 8,347 | 909 | 4,190 | - | 470,648 |
| 산림지 | - | 7,483 | 16,264 | 6,193 | 272,704 | 93 | - | 92 | - | 302,829 |
| 습 지 | - | - | 8,666 | 11,167 | 1,777 | 65,670 | - | - | - | 87,280 |
| 하 천 | - | 215 | 4,569 | 2,041 | - | - | 26,196 | 8,056 | - | 41,077 |
| 해 빈 | - | 318 | 22,245 | 117,785 | 163,543 | 15,655 | 29,199 | 754,023 | 62,940 | 1,165,708 |
| 해수면 | - | - | - | - | - | - | 838 | 1,245 | 6,785 | 8,868 |
| 계 | 58 | 154,953 | 808,578 | 573,520 | 473,353 | 90,005 | 59,800 | 768,892 | 69,725 | 2,998,884 |

TABLE 8. 동호사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 변천(1980~1992)

단위 : m²

| 1992 1980 | 나지 | 시설지 | 농경지 | 초지 | 산림지 | 습지 | 하천 | 해빈 | 해수면 | 계 |
|--------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|-----------|
| 나 지 | - | 58 | - | - | - | - | - | - | - | 58 |
| 시설지 | 2,102 | 149,617 | 1,271 | 124 | 1,805 | - | 34 | - | - | 154,953 |
| 농경지 | 11,947 | 22,286 | 659,748 | 79,103 | 28,566 | 1,864 | 2,002 | 3,062 | - | 808,578 |
| 초 지 | 14,798 | 14,884 | 13,065 | 468,763 | 17,570 | 26,235 | 1,760 | 16,445 | - | 573,520 |
| 산림지 | 777 | 5,911 | 5,998 | 13,220 | 440,251 | 2,864 | 693 | 3,639 | - | 473,353 |
| 습 지 | - | - | 1,723 | 9,074 | 8,558 | 70,637 | - | 13 | - | 90,005 |
| 하 천 | - | 362 | 10,876 | 7,246 | - | - | 23,506 | 16,172 | 1,638 | 59,800 |
| 해 빈 | - | 73 | 3,658 | 85,170 | 34,951 | 1,699 | 7,060 | 566,249 | 70,032 | 768,892 |
| 해수면 | - | - | - | - | - | - | - | 4,747 | 64,978 | 69,725 |
| 계 | 29,624 | 193,191 | 696,339 | 662,700 | 531,701 | 103,299 | 35,055 | 610,327 | 136,648 | 2,998,884 |

TABLE 9. 동호사구 토지피복 유형별 면적 및 구성 변천(1992~2005)

단위 : m²

| 2005 1992 | 나지 | 시설지 | 농경지 | 초지 | 산림지 | 습지 | 하천 | 해빈 | 해수면 | 계 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|-----------|
| 나 지 | 24,266 | 4,268 | - | 706 | 32 | - | - | 352 | - | 29,624 |
| 시설지 | 1,066 | 190,721 | 473 | 313 | 533 | - | 85 | - | - | 193,191 |
| 농경지 | 34,951 | 152,910 | 324,026 | 99,256 | 82,315 | 858 | 1,991 | 32 | - | 696,339 |
| 초 지 | 52,839 | 60,528 | 6,656 | 452,786 | 66,093 | 20,751 | 2,796 | 251 | - | 662,700 |
| 산림지 | 1,054 | 43,270 | 4,404 | 3,448 | 478,434 | 263 | 784 | 44 | - | 531,701 |
| 습 지 | 5,942 | 9,569 | 2,324 | 6,188 | 7,053 | 68,704 | - | 3,519 | - | 103,299 |
| 하 천 | - | 193 | 3,432 | 2,715 | 950 | - | 25,007 | 2,684 | 74 | 35,055 |
| 해 빈 | 4,944 | 5,804 | 939 | 49,184 | 5,931 | - | 3,103 | 538,495 | 1,927 | 610,327 |
| 해수면 | - | - | - | - | - | - | - | 89,855 | 46,793 | 136,648 |
| 계 | 125,062 | 467,263 | 342,254 | 614,596 | 641,341 | 90,576 | 33,766 | 635,232 | 48,794 | 2,998,884 |

토지피복 유형별 변천 특성을 보면, 1974년에서 2005년에 걸쳐 나지, 시설지, 산림지는 계속하여 증가했으며, 농경지와 해빈은 감소한 것으로 나타났다. 나지와 시설지는 1992년에서 2005년에 걸쳐 5.2배의 급격한 증가를 보였다. 나지는 주로 농경지와 초지, 시설지는 농경지와 초지 등에서 변천된 것으로 나타났다. 산림지는 오산사구에서와 같이 지속적으로 증가하여 1974년에 비해 2005년에는 그 면적이 2.1배 증가한 것으로 나타났다. 1992년까지는

주로 해빈과 농경지에서 변천되었으나, 그 이후에는 농경지와 초지에서 변천된 것으로 나타났다.

한편, 습지는 오산사구와는 다르게 1980년에 일부 감소하기도 하였으나, 점차적으로 증가한 것으로 나타났다. 이는 여운포리의 습지가 군부대에 인접하고, 훈련장으로 활용되면서 토지피복의 큰 변화가 없었던 것으로 여겨진다. 또한 상운천에 인접하여 일부 지역이 습지화된 것에 기인하였다. 1992년 이후에 일부

습지가 시설지 및 나지로 변천되어 감소하였으나, 동호사구 남측에 부분적으로 습지가 새롭게 조성되어 감소 면적이 줄어든 것으로 여겨진다. 1992년까지 주로 초지로 변화된 것으로 나타났으나, 이 후에는 시설지 및 나지로 변천되었다.

결 론

본 연구에서는 오산사구와 양양사구를 대상으로 사구지역의 범위를 설정하고, 항공사진을 활용하여 토지피복도를 작성하여 1974년부터 2005년까지의 변천 양상을 파악하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째. 오산사구의 면적은 약 1.5km²이며, 동호사구는 약 3.0km²로 동호사구가 오산사구에 비해 약 2배의 넓이를 차지하였다.

둘째. 오산사구의 경우, 해빈, 농경지 및 습지의 면적이 감소하였으며, 산림지, 시설지 및 나지는 증가를 나타내었다. 1974년에는 해빈이 가장 넓은 토지피복을 보였으나, 2005년에는 이보다 64.1%가 감소하였다. 농경지는 전 시기에 걸쳐 감소하였으며, 이는 시설지의 증가가 주된 원인이었다. 습지의 경우는 1992년에서 2005년에 걸쳐 개발에 의한 나지증가로 급격히 감소한 것으로 나타났다. 산림지 면적은 약 1.5배 증가하였으며, 2005년에는 전체 면적의 36.2%로서 가장 넓게 분포하였다. 이는 1980년 전후에 행해진 해안림 조성과 자연적인 수목성장에 기인한 것이었다. 시설지와 나지는 전체 면적에서 차지하는 비율이 3.7%에서 18.9%로 크게 증가하였는데, 이는 각종 관광시설의 조성 및 주거지의 확대 등에 기인하였다.

셋째. 동호사구에서도 해빈과 농경지의 감소와 산림지, 시설지 및 나지의 증가가 나타났다. 농경지와 해빈은 각각 57.7%, 45.5% 감소하였으며, 농경지는 시설지와 초지의 증가, 해빈은 산림지의 증가에 기인하였다. 산림지의 경

우도 오산사구에서와 같이 전 시기에 걸쳐 지속적으로 증가하여 약 2.1배 증가한 것으로 나타났다. 나지와 시설지는 군부대 및 주거지의 확대에 따라 1992년 이후 크게 증가하여 전 시기에 걸쳐 약 5.2배 증가하였다.

넷째. 본 연구를 통해 1974년에서 1992년까지의 토지피복 변화에 비해 1992년 이후의 변화 폭이 매우 큰 것으로 파악되었다. 특히, 시설지와 나지가 크게 증가하였는데 이는 습지와 해빈을 비롯한 대부분의 토지피복 유형의 면적 감소를 가져왔다.

본 연구는 항공사진의 육안판독에 의해 토지피복현황을 분류하여 결과를 도출한 것으로 분류항목간의 명확한 구분에 한계가 있었다. 습지의 경우, 물의 분포, 식생과 물의 인접성을 기준으로 분류하였으나, 물의 일시적으로 존재하지 않으나 습지식생으로 분포하는 등 육안구분이 어려운 습지도 다수 분포할 것으로 여겨지므로 초지와 명확한 구분이 이루어졌다고는 단언하기 어렵다. 또한 본 연구에서는 토지피복 유형의 전체적인 틀 속에서 그 변화경향을 파악한 것에 의의가 있으며, 향후 세밀한 분류기준의 설정과 분석이 뒤따라야 할 것이다. **KAGIS**

참고문헌

- 강대균. 2003. 지역개발과 주민생활이 환경에 미치는 영향-충청남조의 비치와 해안사구를 사례로-. 환경영향평가 12(4):291-302.
- 강준묵, 강영미, 이주대. 2005. Landsat 영상을 이용한 서해안 지형 변화 분석. 한국지형공간정보학회논문집 13(2):13-20.
- 박경, 장은미. 2002. GIS기술과 현지 모니터링을 이용한 해안사구 변화 탐지. 대한지리학회지 37(5):511-521.
- 박의준, 구자용. 2003. 위성영상을 이용한 해안습지 지형경관 변화 분석의 효율성 평가. 대한지리학회지 38(5):822-834.

- 변무섭, 박준모. 2002. 우이도 사구의 식물상 및 비오톱보전에 관한 연구. 한국산림휴양학회지 6(4):93-101.
- 서동조, 박종화, 조용현. 1999. 항공비디오와 Landsat-TM 자료를 이용한 지피의 분류와 평가 -태안 해안국립공원을 사례로-. 한국조경학회지 27(3):131-136.
- 손명원, 서종철, 전영권. 2002. 칠보 연안의 해안 지형시스템의 특성. 지리학연구 36(3):227-237.
- 송호경, 박관수, 박혜림, 서은경, 소순구, 김무열. 2005. 태안군 신두리 해안사구의 식생과 토양특성. 한국환경복원녹화기술학회지 8(6):59-68.
- 양지연, 최철웅. 2006. 해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화 분석. 한국지리정보학회지 9(1):101-115.
- 오치영, 박소영, 김형석, 이양원, 최철웅. 2010. 고해상도 위성영상의 토지피복분류와 정확도 비교 연구. 한국지리정보학회지 13(1):89-100.
- 최지연. 2005. 신두리 해안사구를 둘러싼 갈등 분석. 해양수산 246:5-15.
- 최철웅, 심영섭. 2001. 수치지공사진을 이용한 해운대해수욕장 해안선의 변화에 관한 연구. 한국지리정보학회지 4(4):39-50.
- 최희경. 2010. 동해안 사구의 보전현황 평가. 강릉원주대학교 대학원 이학석사학위논문. 136쪽.
- 태안군. 2004. 신두사구 보전 및 활용방안. 39-40쪽.
- 환경부. 2002. 해안사구 보전·관리지침. 1-6쪽.
- 환경부, 국립환경연구원. 2004. 전국해안사구 정밀보고서(I). 7-12쪽.
- Van der Maarel, E. 1971. Plant and species diversity in relation to management. In E. Duffey and A.S. Watt (eds.), The Scientific Management of Animal and Plant Communities for Conservation. Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp.45-63.
- Wilson, E.O. 1988. Biodiversity. National Academy Press, Washington. D.C., 521pp.