

## 무선조종 헬리콥터를 이용한 소규모 인공 습지의 식생피복율 변화 모니터링\*

이 춘 석

진주산업대학교 조경학과

### Monitoring the Vegetation Coverage Rate of Small Artificial Wetland Using Radio Controlled Helicopter\*

**Lee, Chun-Seok**

Department of Landscape Architecture, Jinju Nat'l. University.

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the applicability of small RC(radio controlled) helicopter and single lens reflect camera as SFAP(Small Format Aerial Photography) aquisition system to monitor the vegetation coverage of wetland.

The system used to take pictures of small artificial wetland were a common optical camera(Nikon F80 with manual lens whose focal length was 28mm) attached to the bottom of a RC helicopter with a 50 cubic inch size glow engine. Three hundreds pictures were taken at the altitude of 50m above the ground, from 23rd June to 7th September 2005. Four from the images were selected and scanned to digital images whose dimension were 2048×1357 pixels. Those images were processed and rectified with GCP(Ground Control Poins) and digital map, and then classified by the supervised- classification module of image processing program PG-steamer Version 2.2.

The major findings were as follows ;

1. The final images processed had very high spatial resolution so that the objects bigger than 30mm like lotus(*Nelumbo nucifera*), rock and deck were easily identified.

2. The dominant plants of the monitoring site were *Monochoria ragianlis*, *Typha latifolia*, *Beckmannia syzigachne* etc. Because those species have narrow and long leaves and form irregular biomass, the individuals were hardly identifiable, but the distribution of population were easily

\* 본 연구는 진주산업대학교 기성회 연구비에 의해 지원되었음.

**Corresponding author** : Lee, Chun-Seok, Dep't. of Landscape Architecture, Jinju Nat'l. Univ.,  
Tel : +82-55-751-3305, E-mail : stoney@jinju.ac.kr

**Received** : 2 March, 2006. **Accepted** : 7 April, 2006.

identifiable depending on the color difference.

3. The area covered by vegetation was rapidly increased during the first month of monitoring. At the beginning of the monitoring 23th June 2005, The rate of area covered by vegetation were only 34%, but after 27 and 60 days it increased to 74%, and the 86% respectively.

Key Words : *Wetland, Vegetation Monitoring, SFAP(Small Format Aerial Photography).*

## I. 서 론

야생지역에서 녹색의 식물상은 해당 지역의 야생생물의 서식기반이 된다는 점 때문에 환경성 평가 및 검토에서 가장 중요한 항목으로 인식되고 있다. 특정 지역의 식물상을 파악하기 위해서는 조사구 내에 출현하는 식물종에 대한 종조성적 그리고 구조적 특성에 대한 질적·양적 평가를 하게 된다. 식물상의 조사는 전통적으로 일정 크기의 정방형 방형구를 이용한 현장조사를 기본으로 하지만, 현장 조사 결과의 표현과 대상지 전체의 분포상 분석 및 표현을 위해서는 원격탐사 자료를 주로 이용하고 있다. 식생의 현장조사에서 전통적으로 이용되어 온 방형구법의 경우, 대상지의 식생형에 따라 다양한 형태의 군락구조를 표현하는 데는 한계가 있기 때문에 정확한 군락 분류를 위해서는 다양한 형태의 조사구의 설치가 필요하지만, 조사자의 주관이 개입될 가능성이 있다(김종원, 2004).

특히, 습지나 호안지역과 같이 수목보다는 초본성 식물과 수생식물이 절대 면적을 차지하고 있으며, 사람의 접근이 어려운 지역의 경우 기존의 식생조사방법을 그대로 적용하기에는 많은 어려움이 있었다. 이와 같은 기존의 식생 조사 방법의 한계를 보완할 수 있는 대안으로 주목받고 있는 것이 소형항공영상(SFAP : Small Format Aerial Photography)을 이용한 도면화 작업이다.

그동안 널리 이용되어 왔던 인공위성영상의 경우 지구의 대기상태와 재방문 주기의 제약조건에 따라 원하는 시기의 영상을 확보하기 어렵다는 단점이 있었으며, 항공사진의 경우 운용에 많

은 비용이 요구된다는 단점이 있어 쉽게 이용할 수 있는 수단이 아니었다.

소형항공영상(SFAP)은 초경량 항공기· 소형 항공기· 기구 등에 항공촬영장치를 탑재한 시스템으로 원하는 시점에 상대적으로 저렴한 비용으로 특정 지점의 수직사진을 반복적으로 취득할 수 있다는 장점이 있어, 다양한 생태조사 분야에서 이용되고 있으며, 최근의 수치영상(Digital Image) 취득 및 처리기술의 눈부신 발달에 힘입어 그 활용 가능성이 매우 높아지고 있다(M. J. Chopping et al., 2003; J. Levesque et al., 2003; M. Ehlers et al., 2003; M.M.R. Mostafa et al., 2001; J. P. Mills et al., 1996; S. Mason et al., 1997). 특히, 일본의 경우 인공위성 레이저 영상을 이용한 식생지수 산정에 필요한 대상 산림의 BRF(Bidirectional Reflectance Factor)를 도출하고, 산정된 식생지수를 검증하기 위한 수단으로 무선조정헬리콥터에 레이저 스캐너를 장착한 수목의 3차원 형상 측량 시스템을 개발하여 적용한 사례가 보고된 바 있다(K. Honma, 2005).

우리나라의 경우 한국환경정책·평가연구원에서 초경량 항공기와 기구에 상용 디지털 카메라를 탑재하여 저고도 소형수직항공영상을 취득하는 시험을 수행함으로써, 소형항공영상(SFAP : Small Format Aerial Photography)의 적용가능성을 확인한 바 있으나(전성우 등, 2002), 초경량 항공기를 이용한 소형항공영상취득시스템의 경우, 사람이 탑승해서 조종해야 하며, 이착륙에 필요한 공간 확보의 어려움과 비행지역의 제한 등의 이유로 우리나라에서 소규모 생태조사에 활용하기에는 아직 한계가 있는 것이 현실이다.

다행히 최근 디지털 기술을 이용한 상용 디지털 영상처리 기술과 무선통제시스템의 급속한 발달로 적은 비용으로 운용이 가능한 무인비행선과 무선조종 소형항공기가 개발되고 있어, 이를 항공이미지 취득 수단으로 활용할 수 있는 가능성이 높아졌으며, 이미 영화와 광고 제작을 위한 상업용 경사항공사진촬영에 널리 이용되고 있는 상황이고, 문화재 복원을 위한 정밀측량 분야에서 모형항공기와 디지털 캠코드를 이용한 연구가 수행된 바 있다(장호식 등, 2005).

이에 본 연구에서는 무선으로 조종되는 소형 회전익기(헬리콥터)와 상용 카메라를 조합하여 소형 습지형 비오톱의 수직 영상을 취득하여 식생 피복율 변화도를 작성함으로써 습지 식생 분석을 위한 소형항공영상 취득 시스템으로서 적용 가능성을 검토하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상지

#### 1) 대상지 개요

연구 대상지는 경상남도 진주시 내동면 신울리에 위치한 진주산업대학교 종합농장 내 대동소류지 연접지역으로 2005년 5월부터 6월까지 생태 연못이 조성 공사가 이루어진 곳이다. 연구대상 범위는 생태연못을 중심으로 주변 보행 동선을 포함하는 범위이며, 면적은 약 2015m<sup>2</sup>이다. 대상지는 기존에 논으로 이용되던 곳으로 2005년 5월부터 습지 조성을 위한 토지 개변이 이루어졌으며, 데크설치(6월10일 완료), 습지 굴토 및 관찰로 조성(6월15일 완료)공사가 추가로 이루어졌다. 습지 조성 공사 시 기존에 부들과 같은 습지성 식물의 군락이 발달해 있던 지역은 섬의 형태로 보존하였으며, 습지의 최대 수심은 약 60cm였다.

이후 자연적으로 받아하는 매토종자에 의한 비오톱의 형성을 유도하였으며, 일체의 인위적인 초본류 식재는 이루어지지 않았다.

#### 2) 지상기준점 설정

촬영된 이미지에 좌표값을 부여하기 위한 총 8개의 지상기준점 (GCP : Ground Control Point)을 대상지에 미리 표시하고, 측량을 통하여 표 1과 같이 좌표값을 취득하여, 촬영된 이미지의 기하보정에 기준자료로 이용하였다. 분석 대상범위와 기준점의 상대적인 위치는 그림 1과 같다.

표 1. 지상통제점(GCP) 목록.

	동(Ease)	북(North)	표고
GCP #1	116150.318	184784.34	37.804
GCP #2	116118.4	184814.246	39.434
GCP #3	116134.001	184834.356	36.537
GCP #4	116126.206	184846.888	39.317
GCP #5	116138.675	184850.565	36.699
GCP #6	116114.124	184859.233	36.691
GCP #7	116170.208	184841.738	36.06
GCP #8	116161.148	184816.078	35.695

주) 한국표준좌표계(Korean TM) 중부원점 기준

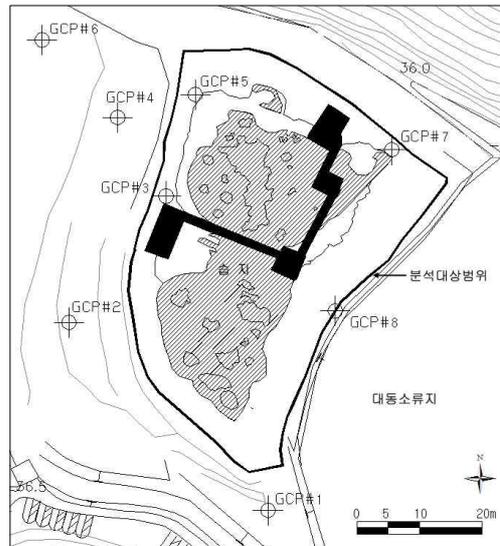


그림 1. 지상통제점 위치도.

### 2. 항공 촬영

본 연구에서 대상지 촬영을 위하여 사용된 기자재는 크게 비행체와 촬영체로 구성되었다. 비

행체는 Thunder Tiger 사의 무선조정 헬리콥터 (Raptor 50)이며, 형상과 제원은 그림 2 및 표 2와 같다. 비행체는 메탄올을 주성분으로 하는 특수 연료를 사용하는 50급<sup>1)</sup>(배기량 8.17cc) 글로우엔진(Glow Engine)<sup>2)</sup> 하나로 메인로터(Main Rotor)와 테일로터(Tail Rotor)를 회전시키며, 연료 용량은 보조 연료통을 포함하여 450cc 정도로 약 15분 간 비행할 수 있다. 조정범위는 최대 직선거리 2000m라고 알려져 있지만, 실제로는 비행체의 자세를 육안으로 관찰할 수 있는 범위인 200m 이내에서 조정이 이루어졌다.

표 2. 무선조정 헬리콥터 제원.

헬기명칭	Raptor 50
길이	1150mm
넓이	110mm
높이	400mm
최대 기체 중량	3000g
메인로터 직경	1345mm
테일로터 직경	230mm
기어비	1 : 8.5 : 4.56



그림 2. 비행체와 조종기.

- 1) 모형엔진의 힘을 나타내는 일반적 용어로 엔진 내부의 실린더 용적(부피, 체적)을 나타낸다. 단위는 cubic inch의 단위를 사용하며, 우리나라에서는 이 값의 소숫점 첫째 둘째자리 값을 그대로 읽어 30급, 50급, 60급, 90급 등으로 구분한다.
- 2) Glow 엔진은 보통의 가솔린엔진의 불꽃점화 방식이라든가 디젤엔진의 압축 착화 방식과는 달리 점화플러그의 열선을 배터리로 가열하여 연료(알콜)가 접촉하여 착화하는 방식이다.

촬영체는 지표면 수직촬영을 위한 카메라와 지상에서 비행체의 자세와 카메라의 방향 및 촬영 범위를 관찰하기 위한 무선 CCD 카메라 및 송수신기로 구성하였다. 본 연구에서는 지표면의 상태를 나타내는 수직영상만 필요하다는 점과 비행체의 비행 성능, 허용 탑재중량을 고려하여, 촬영체를 비행체에 직접 부착하는 방법을 사용하였다. 카메라는 셔터 동작과 렌즈 호환성 그리고 화각<sup>3)</sup> 등을 고려하여 필름을 사용하는 일안반사식 카메라(SLR) 니콘 F80을 이용하였으며, 무선 CCD 카메라는 1/4인치 칼라 CCD 센서를 사용하는 프라멜사의 GigaAir32CS 모델을 사용하여 그림 4와 같이 구성하였다.

렌즈는 28mm수동렌즈(F3.5)를 초점거리 무한대, 조리개 F3.5, 셔터속도 1/2000초에 고정하여 촬영하였으며, 필름은 감도(ISO) 200의 음화 일반용(Negative Film)을 사용하였다.

촬영은 습지 조성 공사가 마무리된 이후인 6월부터 9월까지 약 2주 간격으로 맑은 날에 총 9회에 걸쳐 이루어졌으며, 이 중 사진의 품질과 촬영 고도 및 분석범위 등을 고려하여 식생변화가 현격하게 파악되는 6월23일, 7월12일, 8월14일, 9월7일의 사진 1장씩을 선별하여 분석하였다.

### 3. 이미지 분석

#### 1) 이미지 변환 및 보정

촬영된 필름은 디지털 인화기인 NORITSU QSS-3001에서 현상과 스캔을 연속적으로 수행하였으며, 스캔된 이미지는 조작의 편의성을 고려하여 가로 2048픽셀, 세로 1357픽셀의 24bit TIF 형식의 칼라 이미지로 통일하였다.

또한, Matlab과 J. Y. Bouguet(2005)의 카메라 보정 툴(Camera Calibration Toolbox)을 이용하여

- 3) 일부 고가 장비를 제외한 상용 디지털 카메라는 촬상판의 크기가 필름의 2/3에 지나지 않아, 실제 렌즈의 규격에 비해 촬영범위가 현격하게 축소된다. 또한, 대부분 전자셔터를 이용하기 때문에 원격으로 셔터를 동작하기가 곤란하다.

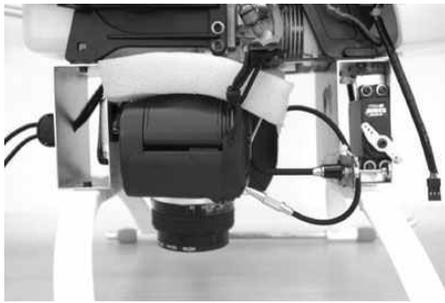


그림 3. 촬영체 장착 모습.



그림 4. 촬영체와 영상 송수신 장치.

표 3. 카메라 및 렌즈 보정 계수.

렌즈 초점거리	1726pixels	
중심점 (Principal Point)	X	1009pixels
	Y	667pixels
렌즈왜곡 계수	K1	-0.09456
	K2	0.12110
	K3 (P1)	-0.00203
	K4 (P2)	-0.00000
픽셀오차	X	0.75404
	Y	0.38443
이미지 규격	2048×1357 pixel	

촬영에 사용된 카메라와 렌즈에 의한 이미지 왜곡을 일차적으로 보정하였으며, 보정계수는 표 3과 같다.

2) 기하보정(Rectification)과 식생피복율 변화 분석

카메라의 왜곡이 보정된 이미지를 실제 지표면의 좌표계와 일치시키기 위한 기하보정 작업은 원격탐사 프로그램인 Pixoneer사의 pg-steamer 2.2를 이용하여 수행하였으며, 표 2의 지상통제점과 측량된 평면도 상의 대표적인 구조체인 목제 데크 선을 기준으로 평균제곱근오차(RMS : Root Mean Square)가 1 이하가 되도록 보정하였다.

분석대상 이미지의 RGB(Red Green Blue) 색상 대역을 기초로 감독 분류(Supervised Classification)를 수행하여 식생피복지역을 구분하고 시기별 식생의 피복율 변화를 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시기별 식생 피복율 변화

분석대상 면적 약 2015m<sup>2</sup> 중 데크의 면적 약 131m<sup>2</sup>을 제외한 1884m<sup>2</sup>의 시기별 식생 피복율을 비교한 결과, 표 4와 같이 습지조성공사 완료 후 8일 경과시점에는 전체 약 664m<sup>2</sup>(34.19%)가 초본으로 피복되어 있었으나, 27일이 경과한 시점인 7월 12일 경에는 전체 면적의 74%가 피복되었으며, 60일 경과 시점인 8월 14일 경에는 약 86%가 피복되었다.

분석대상지를 침수 빈도에 따라서 항상 침수되어 있는 상시침수역과 우천 시에만 일시적으로 침수되는 중도(中島)와 수제부 등의 일시적 침수역, 그리고 하절기 집중 호우 시에만 침수되는 관찰로를 포함하는 계절적 침수역으로 구분했을 때, 그림 5와 같이 일시적 침수역의 피복율이 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 상시침수

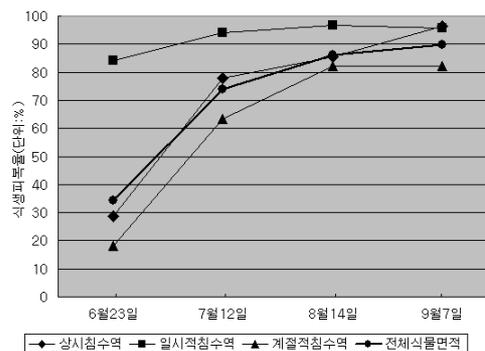


그림 5. 위치별 식생피복율 변화.

표 4. 영역별 식생피복율 변화 추이

단위 : m<sup>2</sup>(%)

영역 구분	6월23일(+8일)	7월12일(+27일)	8월14일(+60일)	9월7일(+84일)	기준면적
상시 침수역	184.8 (28.55)	503.6 (77.77)	552.9 (85.39)	625.1 (96.53)	647.6 (100)
일시적 침수역	298.1 (84.32)	332.6 (94.06)	342 (96.71)	338.1 (95.6)	353.6 (100)
계절적 침수역	161.1 (18.25)	558.5 (63.26)	726.5 (82.30)	726.8 (82.32)	882.8 (100)
계	644 (34.19)	1,394.7 (74.03)	1,621.4 (86.06)	1,690 (89.70)	1,884 (100)

역, 계절적 침수역의 순으로 피복율이 높은 것으로 나타났다. 그러나, 일시적 침수역의 피복율이 처음부터 높게 나타난 것은 습지 조성 공사 시 기존 토양과 지상부 식생이 보존된 중도를 포함하고 있고, 면적이 상대적으로 작다는 특성에 기인하는 것으로 판단된다.

전반적으로 조성공사가 완료된 직후 초기인 6월 말과 7월 초까지의 약 일 개월 간의 기간이 식생피복지역의 면적이 가장 왕성하게 확장된 시기로 분석되었다.

현장 관찰에 의하면 이 시기에 상시침수역에서는 붕어마름(*Ceratophyllum demersum*), 물달개비(*Monochoria ruginervis*), 물질경이(*Ottelia alismoides*), 가래(*Potamogeton distinctus*), 개구리밥(*Spirodela polyrhiza*) 등의 수생식물을 중심으로 수면이 급속하게 피복되었으며, 이후 세모고랭이(*Scirpus triqueter*), 솔방울고랭이(*Scirpus Karuizawensis*)와 물잔디(*Pseudoraphis ukishiba*) 그리고 일시적 침수역에서 확장한 부들(*Typha latifolia*) 등이 왕성하게 성장하였다.

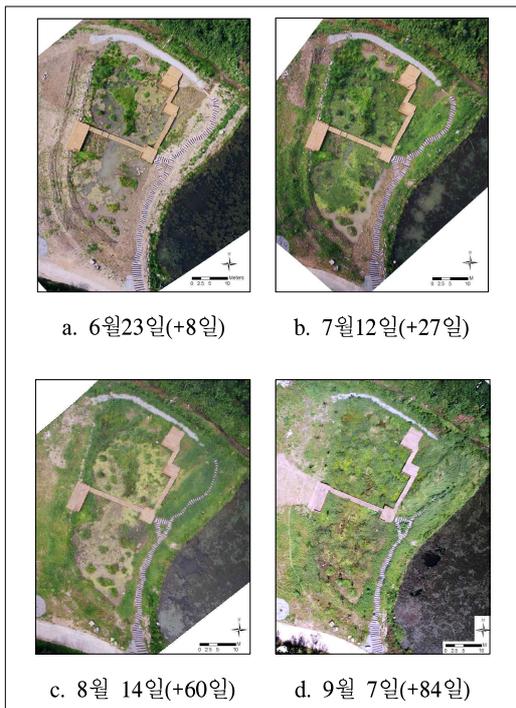


그림 6. 대상지의 식생변화.

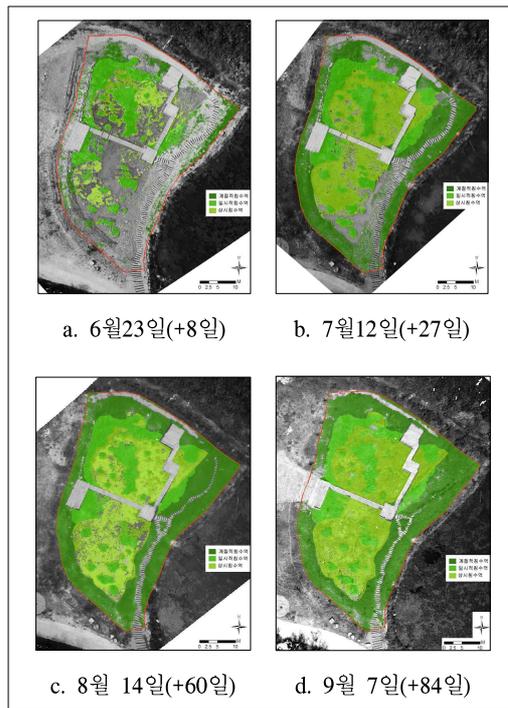


그림 7. 침수빈도에 따른 구역별 식생피복율 변화.

그림 6 및 그림 7과 같이 초기인 7월까지의 주로 상시침수역을 중심으로 수중식물의 확장이 두드러지게 나타났으며, 이후 9월까지의 식생피복면적의 확장보다는 생체량의 증가가 크게 이루어진 것으로 해석되었다.

특히, 계절적 침수역의 경우 8월 이후 왕성한 지상부 성장을 보여 그림 7의 c, d에서와 같이 북동측의 산책로가 완전히 피복되는 정도가 되었다. 계절적 침수역의 우점종은 개피(*Beckmannia syzigachne*)였으며, 미국가막사리(*Bidens frondosa*), 바랭이(*Digitaria sanguinalis*), 강아지풀(*Setaria viridis*), 금강아지풀(*Setaria glauca*), 흰여뀌(*Persicaria lapathifolia*) 등의 출현빈도가 높게 나타났다.

## 2. 촬영체 및 취득 이미지의 활용가능성 고찰

### 1) 비행체의 활용가능성

본 연구에서는 소형 무선조종 비행체에 의해 취득된 천연색 이미지의 활용가능성을 파악하는 것이 주된 목적이었고, 비행체가 소형이라 탑재중량이 한계가 있다는 점 때문에(표 2참조), 비행체에 좌표를 취득하기 위한 장치가 설치되지 않았다. 그러나, 취득된 이미지와 지상기준점 측량 데이터를 바탕으로 직접선형변형식(DLT : Direct Linear Transform)으로 추정된 촬영 시 비행체의 평균고도는 지면으로부터 약 50m였던 것으로 나타났다.

무선조종 헬리콥터의 경우 이착륙을 위한 공간이 요구되지 않아 원하는 장소에서 즉시 이용될 수 있는 장점이 있는 반면, 일정한 고도를 유지하면서 선형의 연속사진을 촬영하는 데는 한계가 있는 것으로 파악되었다. 본 연구에서와 같이 단일 습지의 조사의 경우에는 유용하게 적용될 수 있을 것이지만, 하천과 같은 선형의 연속사진의 촬영이 요구되는 대상지에는 적합하지 않은 것으로 판단된다.

### 2) 이미지의 활용가능성

분석에 이용된 이미지의 크기는 2048×1357픽

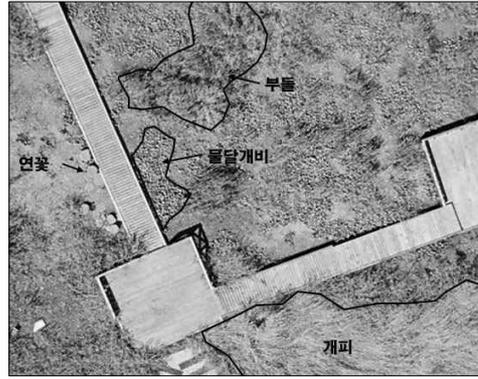


그림 8. 촬영된 이미지의 해상도와 식물 식별능력. (05년9월7일 촬영)

셀이었으며, 이 경우의 공간 해상도는 30mm였고, 연꽃(*Nelumbo nucifera*)과 같이 넓은 잎을 가진 식물과 바위, 테크 등의 물리적 구조물의 판별은 비교적 용이하였다.

분석 대상지의 주된 식물이 부들, 개피와 같은 가는 잎을 가진 초본성 식물이었기 때문에 식물개체를 식별하기는 곤란하였으나, 식물별 색상차이를 이용하여 식물개체군의 범위는 그림 8과 같이 용이하게 파악할 수 있었다. 특히, 부들 개체군의 경우 갈색을 띄는 경향이 있었으며, 개피 개체군과 같은 벼과 식물은 한 곳에 밀집하여 분포함으로써 현장에서 개체군의 위치만 대략적으로 파악하면 전체 분포면적을 쉽게 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러, 수생식물의 경우 수중에 침수되어 있는 식물 개체군은 파악이 어려운 반면, 물달개비 개체군과 같이 잎이 수면에 노출되어 있는 식물은 쉽게 파악되었다.

향후 습지의 식생 영상을 항공으로 취득할 경우 촬영시기에 따른 태양광의 영향을 다양하게 받는다는 점을 신중하게 고려해야 할 것으로 사료된다. 청명한 날 태양이 남중고도 주변에 위치할 때 습지를 촬영할 경우, 그림 9와 같이 수면에 태양이 반사되어 수면과 수중에 분포하는 식물을 파악할 수 없는 경우가 발생하였다. 반면에 태양 고도가 낮은 경우 그림 10과 같이 식물에 의한 그림자가 많이 형성되어 그림자 범위 내에 위치

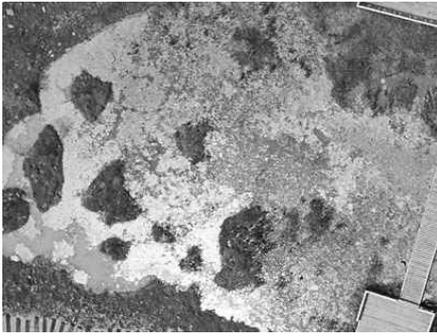


그림 9. 남중고도 시 수면에 반사된 태양광.  
(2005년 7월 30일 촬영)



그림 10. 저고도 태양에 의해 발생한 식물 그림자.  
(2005년 8월 26일 촬영)

한 식물은 분석대상에서 제외되는 오류가 야기되었다.

본 연구에서는 총 9회에 걸쳐 300여장의 영상을 촬영하였으나, 이상과 같은 태양의 위치에 따른 오류와 비행체 자세 및 위치에 따른 오류 등으로 인하여 분석에 이용될 수 있는 영상은 4회 분 20여 장에 불과하였다. 이들 영상은 태양이 남중고도를 벗어난 오후 2시에서 3시 사이 시간 또는 옅은 구름이 태양을 가리고 있어 산란광을 형성하고 있을 때 촬영된 것들이었다.

그러나, 그림 10과 같이 식생의 그림자가 비교적 풍부하게 표현된 영상의 경우 스테레오 분석을 통하여 지상부 생체량 추정 등에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다.

따라서, 식물의 분포범위 분석을 위해서는 태양의 반사나 그림자가 형성되지 않는 산란광 조건에서 촬영하고, 식물의 생체량 추정 등의 입체적 자료가 요구되는 경우에는 저고도 태양의 직사광 조건에서 촬영하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

본 연구는 무선조종 소형회전익기(헬리콥터)와 상용 카메라를 이용하여 소형 습지의 수직 영상을 취득하고 식생피복율 변화를 분석함으로써 식생 분석을 위한 소형항공영상 취득 시스템으로

서 적용가능성을 검토함에 목적이 있었다. 주요 결과는 다음과 같다.

1. 비행고도 약 50m 상공에서 취득된 영상은 지상 구조물을 인식하고 해석하는데 충분한 정도의 높은 공간해상도(30mm/픽셀 이하)를 제공하는 것으로 나타났다.

2. 수련과 같이 넓은 식물의 경우 취득된 영상을 통해 개체를 확인할 수 있었으나, 부들, 개피와 같이 좁은 잎을 가지고 직립생장을 하는 식물의 경우 개체 확인은 곤란하였으나, 색상차이를 통하여 개체군은 비교적 용이하게 파악할 수 있었다.

3. 전반적으로 식물의 면적 확장은 6월에서 7월 사이에 집중적으로 이루어지는 것으로 분석되었으며, 습지 조성공사 완료시점에 전체면적의 약 34%였던 식물피복율은 공사 후 27일과 60일 경과 시점에 각각 74%와 86%로 증가된 것으로 나타났으며, 이후 84일 경과 시점까지는 약 3.7%의 면적만 증가하였다.

4. 침수빈도에 따라 구분한 영역별로도 전체 식물피복 면적 증가 추세와 비슷한 경향을 보였으나, 계절적 침수역보다 상시 침수역의 확장 속도가 다소 높아, 공사 완료시 전체 상시침수역 면적의 약 28%였던 식생이 84일 경과 시점에는 약 97%에 달하였다.

본 연구는 직접 관찰과 방형구 법 등에 의존하

던 기존의 식물 및 군락의 조사 방법이 가지고 있던 분석 및 표현 방법의 한계를 극복하기 위한 대안으로, 운용이 용이한 소형무선조종 항공기와 상용 카메라의 적용가능성을 실증적으로 검토한 것에 의의가 있다.

그러나, 정확한 촬영고도가 측정되지 못한 점과 초본의 형태적 특성 때문에 개체군별 분포 면적과 변화상을 도면으로 제시하지 못한 점, 모니터링 결과를 실제 현장 조사 결과와 비교하여 검증하지 못한 점 등은 본 연구의 한계이며, 향후 해결해야 할 과제이다. 아울러, 식물의 생리학적 특성을 나타내는 식생지수(vegetation indices)의 적용을 위한 근적외선을 포함한 다양한 파장대의 영상취득 및 해석, 스테레오 영상을 이용한 식물 지상부 생체량의 추정 등은 추후 지속적인 연구가 요구되는 부분이다.

## 인 용 문 헌

- 김종원. 2004. 녹지생태학, 서울 : 월드사이언스, p.120.
- 장호식 · 김진수 · 이종출. 2005. 무선조정 헬리콥터와 지상사진측량시스템에 의한 석조 문화재 해석, 한국토목학회논문집 25권1D 호 : 151-158
- 전성우 · 정휘철 · 김영섭 · 최철웅 · 전우송 · 이종수. 2002. 항공기 탑재 센서를 활용한 환경부분의 원격탐사기법 개발. 한국환경정책 · 평가연구원 정책과제 연구보고서.
- Jean-Yves Bouguet. 2005. Camera Calibration Toolbox for Matlab, [http : //www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib\\_doc/index.html#start](http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/index.html#start), 다운받은 날짜 2005년 7월29일.
- J. P. Mills., and I. Newton. 1996. A new approach to the verification and revision of large-scale mapping. ISPRES Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 51 : 17-27.
- Josee Levesque., and Douglas J. King. 2003. Spatial analysis of radiometric fractions from high-resolution multispectral imagery for modelling individual tree crown and forest canopy structure and health, Remote sensing of Environment 84 : 589-602.
- Kazuyuki Honma., Koji Kajiwara., and Yoshiaki Honda. 2005. Development of 3D structure measurement system using laser scanning data and ccd sensor. International symposium on remote sensing 2005 proceedings(CD-ROM ).
- Manfred Ehlers., Monika Gahler., and Ronald Janowsky. 2003. Automated analysis of ultra high resolution remote sensing data for biotope type mapping : new possibilities and challenges, ISPRS Journal and Photogrammetry & Remote Sensing 57 : 315-326.
- Mark J. Chopping., Albert Rango., Kris M. Havstad., Frank R. Schiebe., Jerry C. Ritchie., Thomas J. Schmugge., Andrew N. French., Lihong Su., Lynn McKee., and M. Rene Davis. 2003. Canopy attributes of desert grassland and transition communities derived from multiangular airborne imagery. Remote sensing of Environment 85 : 339-354.
- Mohamad M. R, Mostafa., and Klaus-Peter Schwarz. 2001. Digital image georeferencing from a multiple camera system by GIS/INS, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 56 : 1-12.
- Scott Mason., Heinz Ruther., and Julian Smit. 1997. Investigation of Kodak DCS460 digital camera for small-area mapping, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 52 : 202-214.