

## 영상정보를 활용한 하천 서식처 분류 가능성 평가

이근상<sup>1</sup> · 이현석<sup>2\*</sup>

### Evaluation of Possibility for the Classification of River Habitat Using Imagery Information

Geun-Sang LEE<sup>1</sup> · Hyun-Seok LEE<sup>2\*</sup>

#### 요 약

본 연구는 환경생태학적 하천관리의 기초가 되는 것으로서, 어류분포 특성을 파악할 수 있는 하천서식처 분류에 영상정보를 활용하기 위한 기법을 개발하고 이에 대한 적용 가능성을 평가하였다. 먼저 서식처별 특성자료를 파악하기 위해 지형측량, 유량 및 수온관측 등을 실시하였으며 현지관측 시점에 해당하는 하천의 영상을 얻기 위해 무인항공촬영을 실시하였다. 어류 분포특성을 파악하기 위한 서식처로는 크게 riffle, pool, glide를 선정하였으며, riffle 영역은 빠른 물의 흐름으로 인해 RGB의 표준편차가 pool과 glide에 비해 크게 나타났다. 이러한 RGB의 표준편차 특성을 이용하여 riffle 영역의 해상도와 kernel 크기별 분류 정확도를 평가한 결과, 해상도가 30 cm이고 kernel 크기가 11일때의 분류 정확도가 77.17%로 가장 높게 나타났다. 또한 적외선 카메라를 이용하여 pool과 glide 영역에 대한 수온을 관측한 결과 각각 19.6~21.3°C와 15.5~16.5°C로서 약 4~5°C의 차이를 보였으며, 이러한 적외선 사진정보를 통해 pool과 glide 영역에 대한 분류가 가능하게 되었다. 향후 RGB와 적외선 밴드를 탑재한 무인항공촬영시스템이 활용될 경우 어류 분포 파악을 위한 서식처 분류가 보다 효과적으로 수행될 것으로 판단된다.

주요어 : 영상정보, 하천서식처, 무인항공촬영, 적외선 카메라

#### ABSTRACT

As the basis of the environmental ecological river management, this research developed a method of habitat classification using imagery information to understand a distribution characteristics of fish living in a natural river. First, topographic survey and investigation of discharge and water temperature were carried out to analyze hydraulic characteristics of fish habitat, and the unmanned aerial photography was applied to

2012년 6월 15일 접수 Received on June 15, 2012 / 2012년 8월 16일 수정 Revised on August 16, 2012 / 2012년 8월 20일 심사완료 Accepted on August 20, 2012

1 전주비전대학교 지적부동산과 Dept. of Cadastre and Real State, Vision University of Jeonju

2 에이치큐 테크 HQ-Tech

\* Corresponding Author E-mail : hslee@hanmail.net

acquire river imagery at the observation time. Riffle, pool, and glide regions were selected as river habitat to analyze fish distribution characteristics. Analysis showed that the standard deviation of RGB on the riffle is higher than pool and glide because of fast stream flow. From the classification accuracy estimation on riffle region according to resolution and kernel size using the characteristics of standard deviation of RGB, the highest classification accuracy was 77.17% for resolution with 30cm and kernel size with 11. As the result of water temperature observation on pool and glide using infrared camera, they were 19.6~21.3°C and 15.5~16.5°C respectively with the differences of 4~5°C. Therefore it is possible to classify pool and glide region using the infrared photography information. The habitat classification to figure out fish distribution can be carried out more efficiently, if unmanned aerial photography system with RGB and infrared band is applied.

**KEYWORDS** : *Imagery Information, River Habitat, Unmanned Aerial Photography, Infrared Camera*

## 서론

과거 수자원분야의 영상활용 연구는 Landsat 이나 Spot 영상을 이용하여 토지피복을 추출하고 이로부터 유출곡선번호(CN; Curve Number)을 계산한 후 강우유출을 해석하는 곳에 주로 이용되어 왔다(박영기 등, 2010). 이와 같이 기존에는 고해상도 영상 확보가 어려웠기 때문에 대부분의 연구들이 광범위한 영역을 중심으로 한 수자원개발이나 이용현황을 파악하는 분야에 초점을 맞추어 왔다. 그러나 최근 고해상도 위성영상 및 항공사진이 보편화되고 아울러 하천공간이 인간생활의 중요한 한 부분을 차지하면서 이수, 치수, 환경생태학적 하천개발 및 관리에 필요한 기초자료 취득 및 분석에 GIS 및 영상정보를 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있다(이근상 등, 2004; 박현철 등, 2008; 이현석과 이근상, 2008).

하천은 산, 평야, 해안, 섬 등과 같이 국토환경의 주요 구성요소이다. 자연하천의 형태는 기본적으로 하도(channel), 범람원(floodplain), 자연제방(levee)과 배후습지(swamp)로 나타나며, 하도, 범람원, 자연제방

및 배후습지를 망라한 하천회랑을 수변이라고 부른다. 1960년대 이후 급속한 산업화와 도시화는 하천의 이수기능의 극대화를 가져왔고, 동시에 토지이용의 고도화는 하천의 치수기능의 확대를 가져왔다. 이에 따라 하천의 이·치수 기능은 적극적으로 확대된 반면에, 환경기능은 상대적으로 위축, 저하되고 나아가 일부 하천에서는 소멸되는 모습을 보였다. 이에 따라 국토환경의 주요요소인 하천환경은 급속히 악화되었고, 그에 따른 환경적, 사회적 문제는 산림, 임야, 농경지 등 다른 국토요소의 환경문제보다 더 심각하게 대두되었다(환경부, 2002). 이와 같이 이수 및 치수 중심의 하천관리로부터 최근 환경생태학적 하천관리가 매우 중요한 현안문제로 대두됨에 따라, 자연하천으로서의 보전 및 개발 가능성이 높은 지역 및 하천과 바다가 연결되는 하구 지역의 생태학적 중요성도 함께 큰 주목을 받고 있다. 자연현상을 해석함에 있어, 토목, 환경 그리고 첨단기술 등 각 분야의 독립적인 기준만을 고려한 접근에는 한계가 있다. 특히, 친환경적인 연구 및 개발이 강조되고 있는 하천관리 분야에서는 특정한 자연현상을 종합적으로 판단할 수 있도록 다각적인 방향에서의 접근이 필요하며 효과적인 의사결정을 수행할 수 있는

영상정보 등의 하천기초자료 구축이 절실하다.

하천공간을 구성하는 부분 중 하천서식처는 동식물이 살아가는 중요한 보금자리로 주목받고 있다(안홍규와 우효섭, 2004). 하천서식처는 수심, 유속, 기층, 피난처 등의 물리적 조건이 전체적으로 균일한 지역을 의미하며, 서식처별로 생물들의 생활 조건들이 서로 다르기 때문에 서식처를 분류하는 것은 하천 생물들의 분포 및 이동특성을 파악하는데 매우 중요하다. 그러나 하천 서식처는 홍수와 같은 거대한 하천변화 이벤트가 발생시 크게 변화하게 되며, 따라서 시간과 공간적 특성에 따라 변화하는 하천의 서식처를 효과적으로 파악하기 위한 하천모니터링 기술이 필요하다. 하천은 넓은 공간범위를 가지며 현지에서 서식처를 수치화된 도면으로 작성하여 관리하는 것은 현실적으로 많은 시간과 비용이 소모된다. 하천의 수생물이 생활하는 서식처는 크게 Riffle(여울), Pool, Glide, Run, Eddy drop zone로 구분되며, 특히 어류들이 주로 서식하는 Riffle, Pool, Glide 영역을 효과적으로 분류할 수 있는 방법이 있다면 하천을 계획하고 관리하는데 매우 중요한 정보가 된다.

본 연구에서는 환경생태학적 하천관리 측면에서 하천을 구성하고 있는 다양한 서식처 중 기존의 영상분류 연구에서 분석이 가능했던 초지와 사주 등을 제외한 영역 중 어류들의 주요 서식처인 Riffle, Pool, Glide를 분류함에 있어 영상정보를 적용하기 위한 방법론을 개발하고자 하였다. 이를 위해 현지관측 시점의 영상정보 취득을 위한 무인항공 촬영을 실시하였으며, 지형측량, 유량 및 수온관측 등의 현지조사 자료를 분석하여 각 서식처별로 영상정보를 적용 범위를 결정하였으며 대상 서식처에 시험 적용하여 그 가능성을 평가하였다.

## 기존연구 고찰

최근 하천에 대한 관심이 높아지면서 항공사진이나 고해상도 위성영상 등의 공간정보를 활용한 국내외 연구들이 활발히 진행되고 있

다. 박근애 등(2004)은 항공사진을 이용한 하천형태 및 하천부지 변화추세 분석 연구에서 시계열 항공영상을 이용하여 하천주변지역의 토지이용변화 및 제방특성 변화를 파악하였으며, 이민부 등(2005)은 위성영상을 이용한 대동강과 재령강의 하도변화를 분석하였다. 또한 양인태 등(2006)은 인공위성영상을 이용한 하천의 퇴적 및 침식특성을 분석하였으며, 조명희(2005)는 위성영상과 GIS를 이용하여 북한 서한만 지역의 간석지에 대한 분광특성 및 변화 탐지에 관한 연구를 수행하였다.

국외 연구로서 Toshihiro *et al.*(2006)은 토지 및 농지 경작 현황도, 위성 영상 그리고 수문자료 등을 활용하여 메콩강과 바삭강에서의 계절별 물 공급을 고려한 농경지 이용 현황을 조사 하였다. 즉, 토지이용도위에 위성영상을 이용하여 파악한 경년별 농지 경작 현황을 중첩시키고 물 공급 현황을 분석함으로써 도시 개발에 따른 물 공급의 증가가 농지의 경작에 미치는 영향을 분석한 것이다. 그리고 Fonstad and Andrew(2005)는 하천에 대한 영상자료의 명도, 채도 탁도 및 수리학적 요소인 유량 자료 및 Manning 계수 등을 이용하여 하천 수심을 추정하기 위한 방안으로 수리학적 고찰 및 원격탐사의 영상해석을 기법을 접목하였다. 또한 Stephen *et al.*(2006)은 페루의 Dios강 유역을 대상으로 생물의 다양성을 밝히기 위한 범람원에서의 지형변화를 조사하였으며, Landsat ETM+, JERS-1 및 SRTM의 영상 해석 및 현장조사를 병행하였다. Bryant and Gilvear(1999)는 해상도가 좋은 항공영상을 이용하여 수심판독을 수행하여 홍수후 하천의 지형변화를 정량화하였으며, Marcus *et al.*(2003)은 고해상도의 고분광 지도제작(high-spatial resolution hyperspectral mapping)을 이용하여 산지하천에서의 동물 서식지, 하천수심판별, 나무더미 판별 등의 다양한 분류에 활용하였다.

하천에서의 수온은 유속과 수질을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 하지만, 관측소를 이용한 모니터링은 시간 및 공간적 제약이 있기

때문에 최근 영상정보를 활용한 모니터링 기법이 개발되고 있다. 대표적으로 Handcock *et al.*(2006)은 다양한 공간 해상도를 가지는 Landsat, ASTER, MODIS 영상자료의 열적외선 밴드를 기반으로 하천의 수온을 탐지하는 기법을 개발하고 이에 대한 정확성을 검토하였다.

하천의 지형태인 수역, 사주, 초지, 고수부지 등은 영상의 분광특성을 이용하여 분류가 가능하다. 이근상 등(2007)은 대전지역의 갑천과 유등천을 대상으로 항공사진을 기반으로 체내지와 체외지에 대한 지형태를 분류하는 연구를 수행하였으며, 특히 체외지중 초지와 고수부지를 제외한 사주(sand bar)와 수역(water zone)은 감독분류기법인 최소거리법(Minimum Distance Method)을 이용하여 분류를 자동화하였다. 그러나 하천서식처 중 수역은 Riffle, Pool, Glide, Run, Eddy drop zone 등과 같이 소규모서식처(micro habitat)가 존재하며 각 소규모서식처마다 어류들의 포식이나 산란 특성들이 다르게 나타나므로 이 지역들에 대한 분류가 매우 중요하나, 현재 이러한 관점에서 영상 등의 공간정보를 활

용한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

## 영상정보 취득과 지형모델링

### 1. 영상정보 취득

본 연구대상지는 그림 1과 같이 금강수계 미호천 일부구간으로 인공구조물이 없는 자연형 하천으로 구성되어 있고 해당구간에 큰 사주 등이 발달되어 있어 다양한 하천서식처를 보이고 있다. 해당 하천구간의 IKONOS 영상을 검색한 결과 그림 2와 같이 2004년 2월에 촬영한 영상을 입수할 수 있었으며, 이 영상을 현지조사 시점인 2010년 4월 16일의 하천 지형태와 상호 비교한 결과 많은 차이를 보이고 있었다. 따라서 하천 서식처 분류를 위한 최신의 영상정보 취득을 위해 그림 3과 같이 무인항공기를 이용한 촬영을 수행하였다. 촬영시스템은 항공기를 조종하는 부분과 카메라를 조작하는 부분으로 구분되어 있으며, 촬영 위치는 CCD 카메라에서 송신되는 신호를 지상에서 원격으로 수신하여 적절한 범위와 위치를 선정하게 된다. 항공기에 탑재한 카메라는 캐논 EOS 5D로서 해상도는 약 1500만

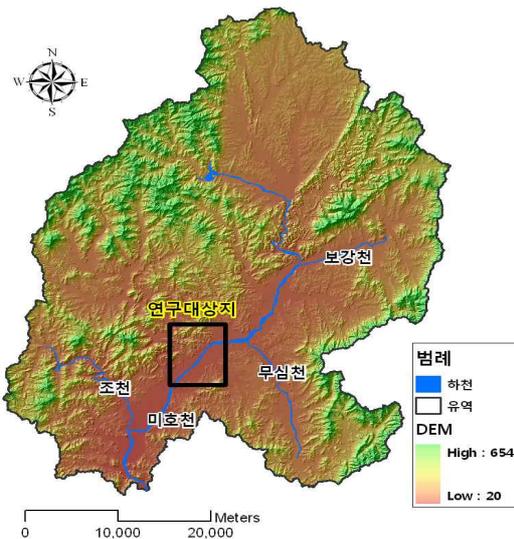


FIGURE 1. 연구대상지



FIGURE 2. 대상지역 IKONOS 영상(2004.2)



FIGURE 3. 무인항공기를 이용한 하천 사진촬영

화소값을 가지고 있으며 항공촬영은 총 4회에 걸쳐 실시하여 RGB 밴드별로 전체지역에 대한 사진촬영 및 부분적인 확대영상도 함께 취득하였다. 본 연구에서는 토달스테이션으로 측량한 도로 및 건물 모서리를 GCP(Ground Control Point)로 선정하여 Affine 변환에 의한 기하보정을 실시하였으며, 총 13점에 대한

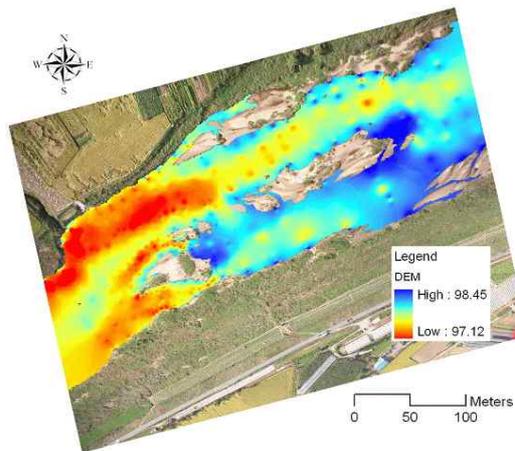
표준오차는  $\pm 0.169\text{m}$ 로 나타났다.

## 2. 지형모델링

하천의 서식처분류를 위한 지형자료 취득을 위해 토달스테이션을 활용하여 하천지형측량을 수행하였다. 측량 점밀도는 약 5m 간격으로 실시하였으며, 측선구간은 약 10~20m 정



(a) 하천 지형측량



(b) 하천 지형분석 결과

FIGURE 4. 하천 지형측량 분석결과

도를 유지하였다. 그림 4(a)는 지형측량 수형 화면이며, 그림 4(b)는 측량한 하상의 상대적 표고값을 역거리가중치(IDW; Inverse Distance Weighting)로 보간하여 1m 격자로 구축한 것으로 RMA2 모델 구동을 위한 입력 자료로 활용하였다.

### 수리학적 특성조사와 수치모델링

대상하천의 수리학적 특성조사는 하천서식처와 다양한 수리학적 인자가 가지는 각각의 상관성을 파악하는데 그 목적이 있다. 그림 5는 수심과 유속에 따른 하천서식처 분류도로서, 먼저 Eddy drop zone은 수심이 낮고 하상이 불안정하며 흐름이 거의 없는 구역이고 Pool은 비교적 수심이 깊고 하상이 안정되어 있으며 흐름이 매우 약한 구역이다. 또한 Glide는 Pool 처럼 표면은 잔잔하지만 수중의 흐름이 비교적 빠른 구역이며 Run은 Riffle의 전후 구역으로서 흐름이 빠르지만 수심이 비교적 깊어 Riffle 지역과 같은 여울이 발생하지 않는 구역이다. 그리고 Riffle은 낮은 수심과 급경사의 영향으로 여울이 발생하게 된다. 이 중 어류의 분포특성과 가장 연관성이 높은 구역은 Riffle, Pool 그리고 Glide이다. 따라서 본 연구에서는 Riffle, Pool, Glide 서식처를 분류하기 위한 공간정보 활용 가능성을 파악하는데 중점을 두었다. 이를 위해서는 대상하천의 상·중·하류단에서의 유량관측 및 수온모니터링을 통해 각 서식처별 수리학적 특성을 파악해야 한다.

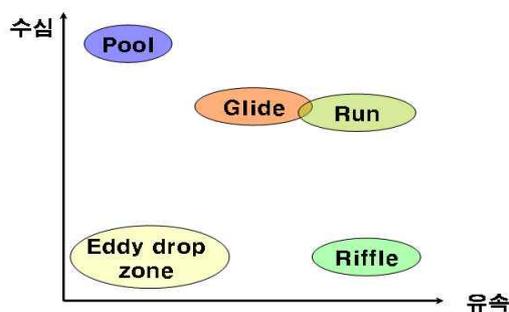


FIGURE 5. 수심과 유속에 따른 서식처 분류

유량조사는 하천의 상·중·하류단에 대해 일정거리별로 관측한 수심과 Swoffer Model 3000 프로펠러 유속계를 의한 유속자료를 이용하여 수행되었으며 관측한 수심 및 유속자료는 표 1과 같다. 각 구간에서의 수심 및 유속자료를 이용하여 유량을 계산한 결과, 상·중·하류단에서의 유량은 각각 19.80 CMS, 19.41CMS, 19.51 CMS로 분석되었으며, 평균유량은 19.57 CMS로서 이 결과는 RMA2 모델의 입력자료로 활용하였다.

하천에서의 흐름거동을 2차원적으로 해석하는 연구에 SMS(Surface-Water Modeling System)의 RMA2 모형이 많이 사용되고 있다(Jennings, 2003; Nielsen and Apelt, 2003; Rao, 2005; Rathburn and Wohl, 2003; 홍성민 등, 2004). RMA2 모형은 RMA(Resource Management Associates, Inc.)에 의해 처음 개발된 2차원 유한요소 모델이며 지배방정식은 z방향을 수심 적분한 2차원 천수방정식으로 x와 y방향에 대한 Navier-Stokes 방정식과 연속 방정식으로 구성된다. RMA2 모형을 이용한 수리특성 모의를 위해서는 대상 하천구간의 상류단 및 하류단 경계조건이 필요하다.

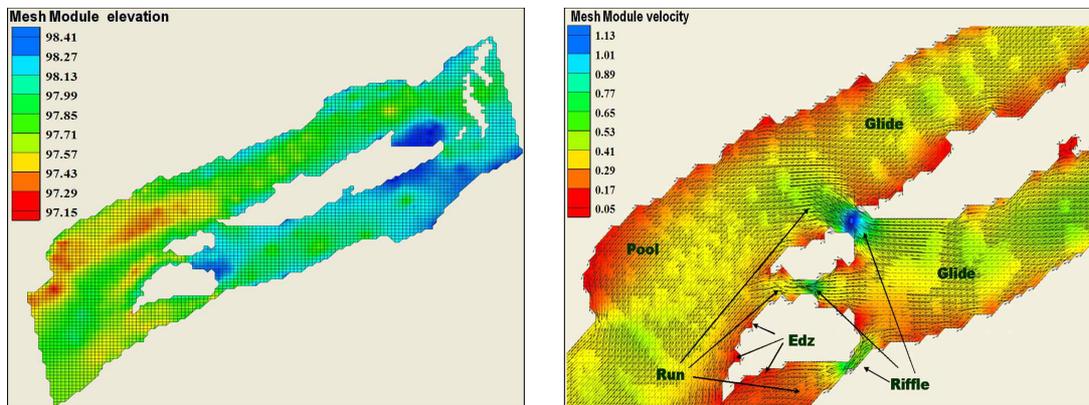
상류단 경계조건으로는 미호천에서 실측한 유량 자료를 사용하였으며 하류단 경계조건으로는 실측 하천수위를 사용하였다. 수리 모의를 위한 유한요소망은 그림 4(b)에 제시된 GIS 지형자료를 5m 간격으로 재보간하여 ASCII 파일로 변환한 후 이용하였다. 그림 6(a)은 RMA2 유한요소망을 구축한 그림으로 지형의 상대적 표고값의 분포를 확인할 수 있으며, 그림 6(b)은 유속분포 등을 이용한 서식처 분류 결과를 보여주고 있다. 지형자료를 이용한 수심분포와 유속분포를 통해 하천의 서식처를 구분할 수 있었으며, 현지 조사한 결과 실제 하천의 서식처를 잘 재현하고 있었다.

### 서식처 분류를 위한 공간정보 활용

하천은 홍수전후로 지형태가 변화하여 하천

TABLE 1. 하천 구간별 유량조사 결과

상류단			중간			하류단		
거리(m)	수심(m)	유속(m/s)	거리(m)	수심(m)	유속(m/s)	거리(m)	수심(m)	유속(m/s)
2	0.09	0.18	1	0.4	0.33	2	0.44	0.26
5	0.15	0.30	2	0.48	0.51	7	0.56	0.44
10	0.2	0.46	4	0.27	0.74	12	0.63	0.52
15	0.21	0.39	8	0.36	0.73	17	0.6	0.43
20	0.37	0.45	10	0.4	0.60	22	0.5	0.47
25	0.24	0.26	13	0.37	0.37	27	0.36	0.43
30	0.25	0.29	16	0.45	0.29	32	0.05	0.16
35	0.2	0.36	19	0.46	0.08	37	0.08	0.21
40	0.17	0.29	21	0.41	0.24	42	0.07	0.23
45	0.25	0.42	24	0.44	0.25	47	0.08	0.21
50	0.47	0.63	27	0.55	0.19	52	0.24	0.33
55	0.53	0.67	31	0.7	0.22	57	0.2	0.54
60	0.63	0.62	34	0.44	0.16	62	0.34	0.51
65	0.51	0.65	40	0.28	0.21	67	0.34	0.51
70	0.63	0.66	48	0.32	0.39	72	0.43	0.71
75	0.65	0.67	53	0.43	0.47	77	0.49	0.60
80	0.47	0.52	59	0.57	0.66	82	0.74	0.65
85	0.31	0.41	65	0.78	0.55	87	0.75	0.75
90	0.34	0.67	70	0.63	0.58	92	0.86	0.54
95	0.32	0.65	75	0.45	0.59	95	0.45	0.20
100	0.38	0.54	80	0.48	0.57			
103	0.31	0.30	85	0.63	0.50			
			90	0.62	0.35			
			94	0.48	0.17			



(a) RMA2 지형자료 유한요소망

(b) 유속분포를 이용한 서식처 구분

FIGURE 6. RMA2 모형을 이용한 유속분포 해석 및 서식처 구분

의 서식처가 변동되는 특성을 가지며, 수시로 수리학적 특성을 조사하거나 혹은 현지에서 서식처를 도면으로 수치화하는 것은 많은 시간과 비용이 요구된다. 따라서 영상 및 GIS 정보에 의한 서식처 분류기법 연구가 필요하며 본 연구에서는 어류의 분포특성과 가장 관련이 높은 Riffle, Pool, Glide를 중심으로 공

간정보 활용기법을 제시하였다.

하천의 서식처 중 Riffle, Pool, Glide에 대한 서식처 분류를 위한 공간정보 활용은 크게 두가지 측면으로 접근해야 한다. 먼저 Riffle은 유속의 영향으로 물결이 많이 요동치는 특성상 각 밴드별 표준편차가 크게 나타나며, 이러한 파장특성을 이용하여 RGB 밴드에 기

초한 Riffle 영역을 추출할 수 있다. 반면 Pool과 Glide는 RGB 밴드에 대한 파장특성보다는 유속흐름 차이에 의한 표층의 수온분포의 차이를 이용하는 것이 바람직하므로 본 연구에서는 적외선 밴드를 이용한 접근을 시도하였다.

무인항공 촬영으로 취득한 영상을 이용하여 그림 7과 같이 Riffle, Pool, Glide 구간에 대한 RGB 밴드별 분광특성을 분석하여 표 2에 제시하였다. 분석결과 Riffle 구간의 DN 값의 분포가 Pool과 Glide에 비해 전체적으로 높게 나타났으며 특히 표준편차는 모두 약 13 정도로 Pool과 Glide의 표준편차에 비해 3배 이상 높게 나타났다. 이는 물입자가 크게 요동치는 Riffle 구간의 특성상 햇빛에 의한 RGB 밴드의 편차가 크게 나타난 것으로 판단된다.

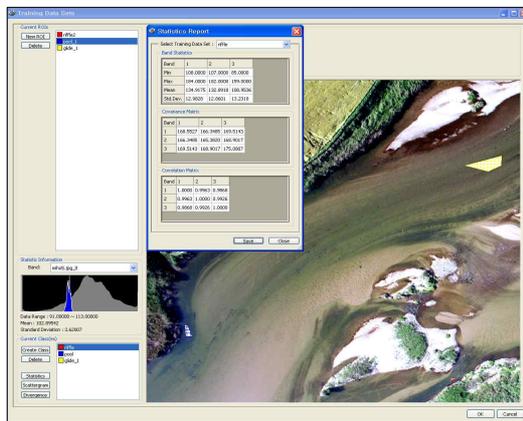


FIGURE 7. Riffle, Pool, Glide 구간 분광특성

본 연구에서는 이러한 특징을 이용하여 Riffle 구간의 ROI(Region Of Interest) 분광특성값을 기초로 최대우도법(MLM;

Maximum Likelihood Method)와 최소거리법(MDM; Minimum Distance Method)을 적용하여 영상을 분류한 후 무인항공 영상과의 적합성을 비교한 결과, 최소거리법이 Riffle 영역을 분류하는데 적합한 것으로 확인되었다. 따라서, 최소거리법 이용하여 Riffle 영역을 해상도(Resolution)와 Kernel 크기별로 추출하였다(그림 8). 2cm의 해상도를 가지는 원시영상 자료에 대해 Kernel 크기를 3으로 지정하여 분석한 결과에서는 Riffle 영역을 효과적으로 추출하기가 어려웠으며, Kernel 크기를 11로 지정한 후 해상도별 Riffle 영역의 분류 정확도를 평가하였다. 분석결과 그림 9와 같이 해상도가 원시자료의 15배(30cm)이고 Kernel 크기가 11일때의 Riffle의 분류 정확도가 77.17%로 가장 높게 나타났으며, 해상도가 10~45cm 범위에서 Riffle의 분류 정확도는 70% 이상으로 비교적 양호하게 평가되었다. 따라서, 분석하고자 하는 대상구역의 범위를 고려하여 적절한 해상도로 촬영한 영상정보가 Riffle 영역을 추출하는데 매우 중요한 요소임을 알 수 있었다.

Pool과 Glide 지역에 대한 영역추출을 위해서는 적외선 밴드로 촬영된 영상이 요구된다. 본 연구에서는 가시광선 영역인 0.4~0.7 $\mu$ m를 비롯하여 0.7~3.0 $\mu$ m의 근적외선, 3.0~6.0 $\mu$ m의 중적외선, 6.0~15.0 $\mu$ m의 원적외선 밴드를 포함하고 있는 TVS-700 적외선 카메라를 이용하였다. 본 연구에서는 시스템 여건상 적외선 카메라를 무인항공시스템에 탑재하지는 않았고, TVS-700 적외선 카메라를 수온계로 관측한 Pool과 Glide 지점에 직접 주사하여 표층의 수온분포 특성을 관측하였다. 적외선 카메라는 적외선 파장에너지와 온도와의 관계를 파악하기 위한 Stefan Boltzman 법칙에 근거

TABLE 2. Riffle, Pool, Glide 구간의 분광특성

	Riffle			Pool			Glide		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Min	108.0	107.0	85.0	91.0	93.0	85.0	91.0	93.0	85.0
Max	184.0	182.0	159.0	113.0	117.0	104.0	113.0	117.0	104.0
Mean	134.9	132.9	108.9	102.9	106.3	95.6	102.9	106.3	95.6
STD	13.0	12.9	13.2	3.6	3.7	2.7	3.6	3.7	2.7

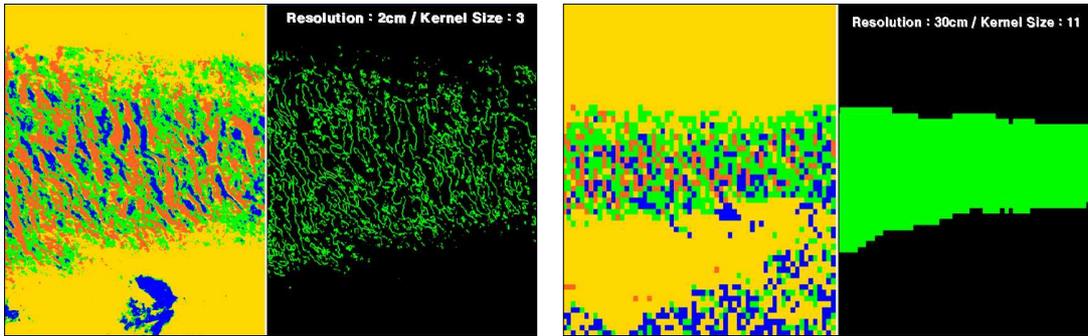


FIGURE 8. 해상도 및 Kernel Size별 여울(Riffle) 영역 추출

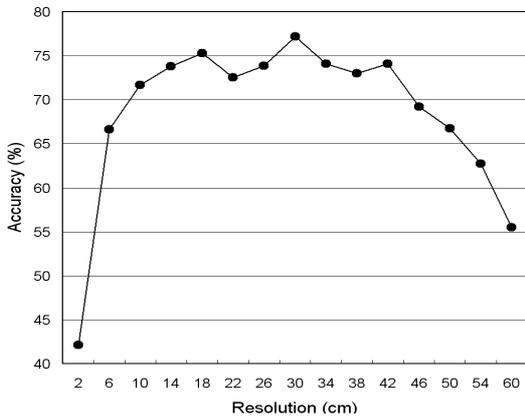
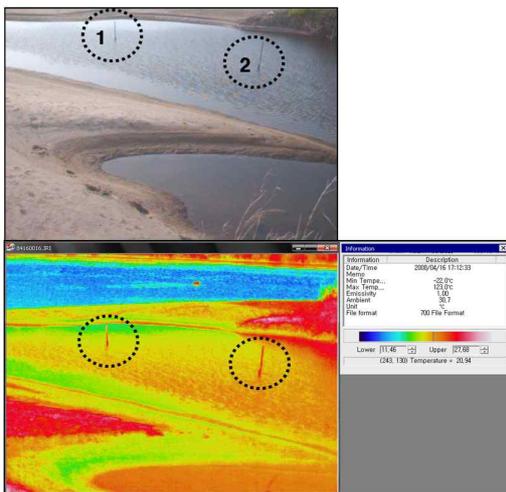
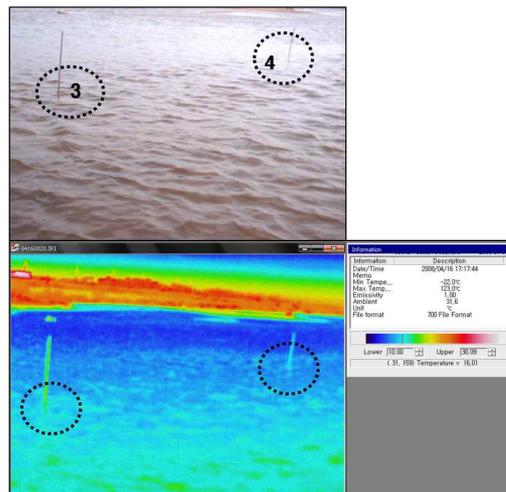


FIGURE 9. Riffle 영역 분류 정확도

한 것으로서 적외선 에너지의 경우 대기중에서 간섭을 받지 않고 전달되므로 거리에 관계없이 동일한 온도측정이 가능하다. TVS-700 적외선 카메라의 온도관측 범위는  $-20\sim 500^{\circ}\text{C}$ 이며 분해능은 평균  $0.05^{\circ}\text{C}$ 까지 가능하다. 그림 10은 Pool과 Glide 영역에 대해 2개씩 설치한 지점의 수온분포를 보여주고 있다. 적외선 카메라를 이용한 촬영은 2008년 4월 16일 오후 5시 10분경에 실시하였으며 날씨는 맑고 태양에 의해 수표면이 충분히 가열되어 있었다. Pool과 Glide 영역의 수온은 각각  $19.6\sim 21.3^{\circ}\text{C}$ 와  $15.5\sim 16.5^{\circ}\text{C}$ 로서 약  $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 의 차이를 보였다.



(a) Pool 영역



(b) Glide 영역

FIGURE 10. 적외선 카메라로 관측한 Pool과 Glide 영역의 수온 분포



FIGURE 11. 수온관측과 다운로드

각 서식처별 수온분포를 파악하기 위해 그림 11과 같이 Water Temp Pro. 수온계를 이용하여 Pool과 Glide 지역에 설치한 1~4번 지점의 수온자료를 다운로드 하여 오전 9시부터 오후 7시까지의 수온분포 특성을 분석하였다. 수온계는 각 지점별로 표층에서 하상방향으로 5cm 지점에 설치하였으며, 각 영역별로

두개씩 설치한 수온계에서 미소한 차이는 있었지만 적외선 카메라로 관측한 시점인 오후 5시 10분경의 수온의 관측결과는 Pool과 Glide에 대해 약 19.9℃와 15.9℃로 나타났다. 분석결과 설치한 수온계가 표층에서 하상방향으로 5cm 지점에 위치하고 있었기 때문에 적외선 카메라에 의한 표층의 수온분포 중 낮은 범위의 수온과 일치하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 시스템 여건상 무인항공촬영시스템에 적외선 카메라를 탑재하지 못하였으며, 따라서 Pool과 Glide 영역에 대해서만 국부적으로 수온 분포특성을 통한 하천 서식처 분류가능성을 검토하였다. 검토결과 적외선 카메라에 의한 Pool과 Glide 영역의 수온차이는 약 4~5℃로서 향후 연구에서 무인항공촬영기에 적외선 카메라를 탑재할 경우 Pool과 Glide 영역에 대한 추출이 가능할 것으로 판단된다.

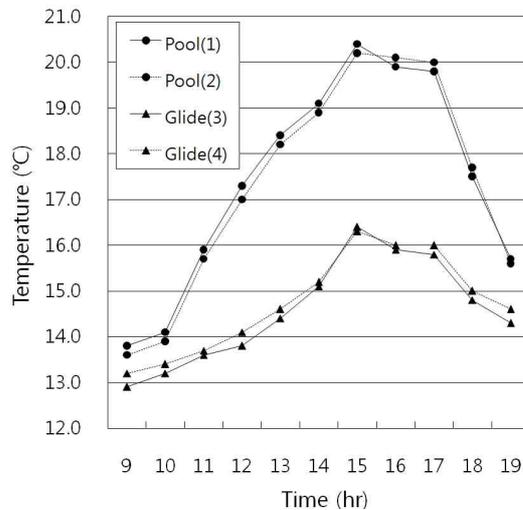


FIGURE 12. 수온관측자료 분석결과

### 결론

본 연구는 환경생태학적 하천관리를 위한 기초연구로서, 어류분포 특성을 파악할 수 있는 하천서식처 분류에 영상정보를 활용하기 위한 기법을 개발하고 이에 대한 가능성을 평

가하였다. 먼저 서식처별 특성자료를 파악하기 위해 지형측량, 유량 및 수온관측 등을 실시하였으며 현지관측 시점에 해당하는 하천의 영상을 얻기 위해 무인항공촬영을 실시하였다.

지형측량은 토탈스테이션을 이용하여 약 5m의 점밀도로 10~20m 측선 간격별로 실시한 후 역거리가중치 보간을 통해 RMA2 모델 구동을 위한 입력자료를 생성하였다. 또한 프로펠러 유속계와 수심자료를 이용하여 관측한 상·중·하류단에서의 유량은 각각 19.80 CMS, 19.41 CMS, 19.51 CMS로 분석되었으며, 평균유량은 19.57 CMS로서 이 결과는 RMA2 모델의 입력자료로 활용하였다. 지형측량 자료와 유량자료를 토대로 RMA2 모델을 통한 하천서식처별 유속분포 특성을 파악할 수 있었으며 현지 조사한 결과를 잘 재현하고 있었다.

어류 분포특성을 파악하기 위한 서식처로는 크게 Riffle, Pool, Glide를 선정하였으며, 흐름이 빠른 Riffle의 경우 태양에 반사되어 나타나는 RGB의 특성이 Pool과 Glide와는 차이를 가지며 따라서 밴드별 파장특성 정보를 이용하면 Riffle 지역을 분류할 수 있게 된다. 또한 Pool과 Glide 영역에 대해서는 수온계를 이용하여 동일 수심별 수온모니터링을 실시하였으며, 분석 결과 수면 온도가 최고치가 되는 오후 14시에서 15시 사이에 약 1도에서 1.5도의 수온차이가 나타나고 있음을 알 수 있었다. 따라서 감도가 좋은 열적외선 카메라를 활용한 수온 모니터링을 통해 Pool과 Glide에 대한 서식처 분류를 시도하였다.

무인항공 촬영으로 취득한 영상을 이용하여 하천서식처별 RGB 분광특성을 분석한 결과 Riffle 구간의 DN 값의 분포가 Pool과 Glide에 비해 전체적으로 높게 나타났으며 특히 표준편차는 모두 약 13 정도로 Pool과 Glide의 표준편차에 비해 3배 이상 큰 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 최소거리법에 의한 Riffle 영역의 해상도와 Kernel 크기별 Riffle 영역의 정확도를 평가한 결과, 해상도가 30cm 이고 Kernel 크기가 11일때의 분류 정확도가 77.17%로 가장 높게 나타났으며, 해상도가

10~45cm 범위에서 Riffle의 분류 정확도는 70% 이상으로 비교적 양호한 것으로 분석되었다. 또한 적외선 카메라를 이용하여 Pool과 Glide 영역에 대한 수온을 관측한 결과 각각 19.6~21.3℃와 15.5~16.5℃로서 약 4~5℃의 차이를 보였으며, 동일시기의 수온관측자료와 비교한 결과 오후 5시 10분경의 수온은 Pool과 Glide에 대해 약 19.9℃와 15.9℃로 적외선 카메라 관측자료와 거의 일치한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 시스템 여건상 무인항공촬영 시스템에 적외선 카메라를 탑재하지 못하였으며, 따라서 Pool과 Glide 영역에 대해서만 국부적으로 수온 분포특성을 통한 하천 서식처 분류 가능성을 검토하였다. 검토결과 적외선 카메라에 의한 Pool과 Glide 영역의 수온차이는 약 4~5℃로서 향후 연구에서 무인항공촬영기에 적외선 카메라를 탑재할 경우 Pool과 Glide 영역에 대한 추출이 가능할 것으로 판단된다. [KAGIS](#)

## 참고문헌

- 박근애, 이미선, 김현준, 김성준. 2004. 항공사진을 이용한 하천형태 및 하천부지 변화추세 분석. 대한토목학회논문집 24(5D):815-821.
- 박영기, 이증석, 박정규. 2010. 위성영상정보를 이용한 강우유출 해석에 관한 연구. 한국환경과학회지 19(1):115-124.
- 박현철, 김형섭, 조윤원, 조명희. 2008. 효율적 하천구역 관리를 위한 고해상 영상의 활용방안 연구. 대한원격탐사학회지 24(2):205-211.
- 안홍규, 우효섭. 2004. 중규모 하천 생물 서식처의 특성 분석. 한국조경학회지 32(2):102-119.
- 양인태, 김동문, 천기선. 2006. 인공위성영상을 이용한 하천의 퇴적/침식 분석. 한국측량학회지 24(1):37-45.

- 이근상, 고덕구, 김우구. 2004. 수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 지형자료의 효과적인 구축방법 연구. 한국지리정보학회지 7(1):52-61.
- 이근상, 이현석, 채효석, 황의호. 2007. 항공영상을 이용한 도시하천의 토지이용 분석. 대한토목학회논문집 27(3D):351-357.
- 이민부, 김남신, 이광률, 한욱. 2005. 위성영상을 이용한 대동강과 재령강의 하도변화 분석. 한국지형학회지 12(1):91-102.
- 이현석, 이근상. 2008. 도시하천의 지형태 자료와 영상정보를 이용한 수체적 시험평가. 대한토목학회논문집 28(3):407-415.
- 조명희. 2005. 위성영상과 GIS를 이용한 북한 서한만 지역의 간석지 분광특성 및 변화 탐지. 한국지리정보학회지 8(2):44-54.
- 환경부. 2002. 하천복원 가이드라인. 한국건설기술연구원.
- 홍성민, 정인균, 이준우, 김성준. 2004. SMS를 이용한 경안천 하류구간의 하천흐름 분석. 한국지리정보학회지 7(1):94-104.
- Bryant, R.G. and D.J. Gilvear. 1999. Quantifying geomorphic and riparian land cover changes either side of a large flood event using airborne remote sensing: River tray, Scotland. *Geomorphology* 29:307-321.
- Fonstad, M.A. and M.W. Andrew. 2005. Remote sensing of stream depths with hydraulically assisted bathymetry hab models. *Geomorphology* 72:320- 339.
- Handcock, R.N., A.R. Gillespie, K.A. Cherkauer, J.E. Kay, S.J. Burge and S.K. Kampf. 2006. Accuracy and uncertainty of thermal-infrared remote sensing of stream temperatures at multiple spatial scales. *Remote Sensing of Environment* 100:427-440.
- Jennings, A.A. 2003. Modeling sedimentation and scour in small urban lakes. *Environmental Modeling & Software* 18:281-291.
- Marcus, M.W., C.J. Legleiter, R.J. Aspinall, J.W. Boardman and R.L. Crabtree. 2003. High spatial resolution hyperspectral mapping of in-stream habitats, depths. *Geomorphology* 55:363-380.
- Nielsen, C. and C. Apelt. 2003. The application of wave induced forces to a two-dimensional finite element long wave hydrodynamic model. *Ocean Engineering* 30:1233-1251.
- Rao, P. 2005. A parallel RMA2 model for simulating large-scale free surface flows. *Environmental Modeling & Software* 20:47-53.
- Rathburn, S. and E. Wohl. 2003. Predicting fine sediment dynamics along a pool-riffle mountain channel. *Geomorphology* 55:111-124.
- Stephen K.H., J.K.B Lehner and M. Tobler. 2006. Remote sensing of floodplain geomorphology as a surrogate for biodiversity in a tropical river system (Madre de Dios, Peru). *Geomorphology*: 1-16.
- Toshihiro Sakamoto, Nhan Van Nguyen, Hiroyuki Ohno, Naoki Ishitsuka and Masayuko Yokozawa. 2006. Spatio-temporal distribution of rice phenology and cropping systems in the Mekong Delta with special reference to the seasonal water flow of the Mekong and Bassac rivers. *Remote Sensing of Environment* 100:1-16. [KAGIS](#)