

위성영상과 GIS를 이용한 북한 서한만 지역의 간석지 분광특성 및 변화 탐지

조명희^{1*}

Analyzing the spectral characteristic and
detecting the change of tidal flat area in Seo han
Bay, North Korea using satellite images and GIS

Myung-Hee Jo^{1*}

요 약

본 연구에서는 다양한 위성영상자료(ASTER, KOMPSAT EOC, Landsat TM/ETM+)와 GIS 공간분석을 이용하여 비 접근 지역인 북한 서한만 일대의 간석지를 추출하였다. 특히 위성영상의 분광특성 분석을 통하여 미지형(micro-landform)을 분류하고 경년에 따른 간석지 면적의 변화를 비교 분석 하였다.

이를 위하여 우선 Landsat TM/ETM+의 multi 밴드를 이용하여 한반도에 분포하고 있는 8개의 간석지(서한만, 광량만, 해주만, 강화만, 아산만, 가로림만, 줄포만, 순천만)를 대상으로 분광특성을 분석하고 그 결과를 기반으로 ISODATA clustering 방법을 이용하여 북한 서한만 지역의 미지형 간석지의 미지형 특성을 추출하였다.

또한 경년에 따른 간석지 면적 변화를 알아보기 위하여 고지형도(1918-1920)를 디지털 자료로 변환하여 북한 서해안 전역의 간석지 GIS DB를 구축하였으며 최근의 시기별 다양한 위성영상 자료를 활용하여 작성된 간석지 분포도와 비교분석함으로써 비 접근 지역의 북한 서한만 일대 간석지 면적의 변화를 탐지 하였다.

아울러 간석지 미지형 분류와 경계구분에 효과적인 밴드를 제시하였으며 또한 위성영상자료 활용에 있어서 단일밴드인 우리나라 KOMPSAT EOC영상을 이용한 간석지 추출방법으로 high frequency pass filter method 통한 효율적인 간석지 분류 기법을 제시하였다.

주요어 : 위성영상, ASTER, KOMPSAT EOC, Landsat TM/ETM+, 간석지, 분광특성, GIS, ISODATA Clustering

ABSTRACT

In this study the tidal area in Seo han bay, North Korea was detected and extracted by using various

2005년 2월 28일 접수 Recieved on February 28, 2005 / 2005년 6월 27일 심사완료 Accepted on June 27, 2005
경일대학교 도시정보지적공학과 Department of Urban Information-Cadastral Engineering, Kyungil University
* 연락처 E-mail: mhjo@kiu.ac.kr

satellite images(ASTER, KOMPSAT EOC, Landsat TM/ETM+) and GIS spatial analysis. Especially, the micro-landform was classified through the spectral characteristic of each satellite image and the change of tidal flat size was detected on passing year.

For this, the spectral characteristics of eight tidal flat area in Korea, which are called as Seo han bay, Gwang ryang bay, Hae ju bay, Gang hwa bay, A san bay, Garorim bay, Jul po bay and Soon chun bay, were analyzed by using multi band of multi spectral satellite images such as Landsat TM/ETM+. Moreover, the micro-landform tidal flat in Seo han bay, North Korea was extracted by using ISODATA clustering based on the result of spectral characteristic.

In addition, in order to detect the change of tidal flat size on passing years, the ancient topography map(1918-1920) was constructed as GIS DB. Also, the tidal flat distribution map based on the temporal satellite images were constructed to detect the tidal flat size for recent years. Through this, the efficient band to classify the micro-landform and detect its boundary was clarified and one possibility of KOMPSAT EOC application could be also introduced by extracting the spatial information of tidal flat efficiently.

KEYWORDS: *Satellite, ASTER, KOMPSAT EOC, Landsat TM/ETM+, Tidal Flat, Spectral Characteristic, GIS, ISODATA Clustering*

서 론

우리나라 갯벌은 캐나다 동부 해안, 미국의 동부 해안, 아마존 강유역과 더불어 세계의 5대 갯벌에 속하며 특히 우리나라 연근해의 평탄한 퇴적지형인 간석지는 수산양식장으로서 남해안과 서해안 주민의 주요 생활 터전이 되고 있다. 뿐만 아니라 방조제를 만들어 간척함으로써 비옥한 농경지, 공업단지, 도시용지로 이용될 수 있으므로 이에 대한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다.

그러나 간석지의 지형, 퇴적물, 염생식물 등의 공간적 분포를 정확하게 파악하는 데는 공간적 제한이 따른다. 더욱이 현재까지의 관련 연구는 위성영상을 이용한 곰소만 간석지의 미지형과 퇴적물 입도특성 분석(조화룡, 2000), 다중시기 위성영상의 무감독분류에 의한 갯벌의 입자 분포도(정종철, 2002) 작성과 같은 토양입자 샘플 등에 관한 연구, Landsat이나 SeaWiFS등과 같은 영상자료를 이용한 동식물 채취나 생태학적 연구 및 한반도 근해의 해양학적 특성(서영상, 2001)등 연안환경에 대한 연구가 일반적

이다.

특히 간석지는 면적이 매우 넓고 만조 때는 물밑에 잠겨 버릴 뿐만 아니라 계절에 따라 형태 및 표층퇴적물이 변하기 때문에 지상조사만으로는 접근과 조사에 어려움이 따르며 인접한 북한의 연안환경을 조사하기 위해서는 공간적인 문제 외에도 여러 가지 사회적 문제가 수반되는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 신속하고 객관적이며 주기적인 공간자료 획득과 조사 소요시간의 단축, 비용절감 가능, 넓은 지역에 대한 정보를 빠르고 쉽게 분석할 뿐만 아니라 연안지역의 전반적인 현황에 관하여 신속히 파악하도록 하기 위하여 RS(remote sensing)와 GIS (geographic information system)를 이용한 보다 과학적이고 체계적인 간석지에 관한 연구를 수행의 기틀을 마련하고자 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 Landsat TM/ETM+, KOMPSAT EOC, ASTER의 시기별 다양한 위성영상 자료를 이용하여 간석지의 분광 특성을 분석하고 특히 1918년에서 1920년도 사이에 작성된 북한 서해안의 고지형도를 이용

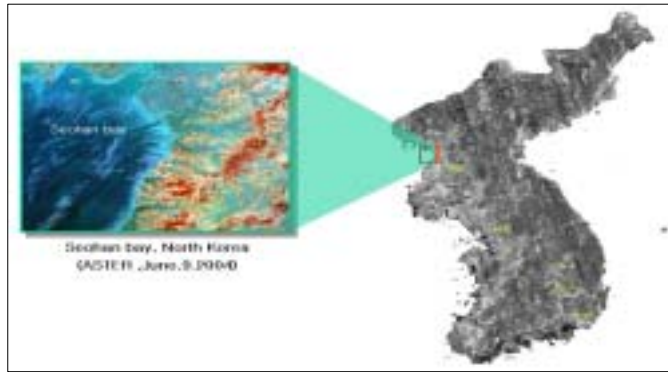


FIGURE 1. The study area

하여 경년에 따른 북한 서한만 일대 연안의 간석지 미지형의 면적 변화를 탐지함으로써 간석지 환경 특성을 분석하기 위한 위성영상의 효율성을 규명하고자하는데 그 목적이 있다.

연구자료 및 방법

본 연구의 대상지는 평북 철산반도와 황해도 장연반도 사이에 삼각형의 형태를 띠고 있는 서한만으로 선정하였으며 연구 자료는 고지형도(1918~1920) 및 Landsat TM(1999. 8. 16), Landsat ETM+(2002. 9. 17), KOMPSAT EOC(2001. 9. 18), ASTER(2004. 6. 9) 위성영상을 사용하였다.

고지형도는 tracing, vectorizing, 좌표투영 및 변환 등 일련의 기본 GIS DB 구축과정을 통하여 간석지 공간 DB로 구축하였으며 ArcView 3.2 및 ArcGIS 8.1 S/W를 이용하여 연구목적에 맞게 간석지 분포도를 재작성하였다.

Landsat 위성영상자료 처리에 있어서는 기하

보정 과정에서 발생한 RMS(root mean square) 오차는 0.3화소(9m) 이내로 처리하였고 기하보정의 마지막 단계인 재배열(resampling) 및 내삽(interpolation)에 있어서는 원래의 화소 값의 손실을 최소화하면서 처리 속도가 빠르며 화소 값의 변화가 가장 적은 최근린내삽법으로 화상을 30m×30m으로 재배열 하였다(표 1). 아울러 간석지 추출을 위해서 Landsat 영상의 밴드별 분광특성 분석과 무감독 분류기법 중에 하나인 ISODATA clustering을 수행하였다(2003, 한국항공우주연구원 연구보고서).

공간자료를 이용한 간석지 특성분석

1. 고지형도 기반 북한 서해안 간석지 분포

본 연구 대상지가 비 접근 지역이므로 과거 현지조사를 기반으로 1918~1920년에 제작된 1:50,000 종이지도 33도엽을 보다 효율적으로 활용 및 분석하기 위하여 기본 GIS DB화 과정을 통하여 북한 서해안 전역의 간석지 분포도를 구축하였다. 그림 2는 고지형도를 기반으로 기

TABLE 1. The Preprocessing for Satellite Images

Class	Satellite	Landsat TM/ ETM+	KOMPSAT EOC	ASTER
Root mean square		0.3	0.41	0.36
Interpolation		Nearest-neighbor	Nearest-neighbor	Nearest-neighbor
Resampling		30m×30m	7m×7m	15m×15m

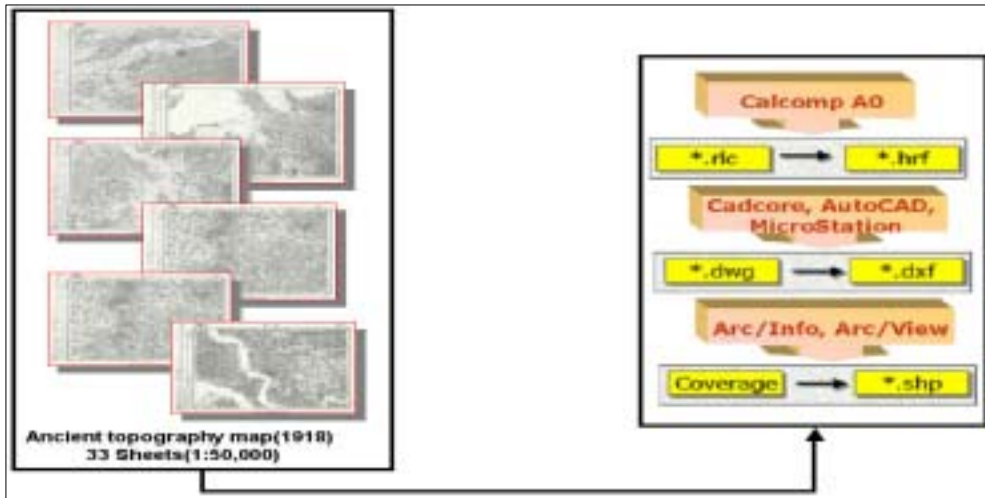


FIGURE 2. Preprocessing GIS DB with ancient topography map in Seohan bay(1918~1920)

본 GIS DB 구축 과정을 나타내고 있다(2003, 한국항공우주연구원 연구보고서)

그림 3의 결과를 토대로 1920년대의 북한 서해안 전역의 간석지를 분석해 본 결과 대부분이 mud flat(1609km²)과 sand flat(708km²)으로 전체 간석지에서 93%를 형성하고 있었으며 부분적으

로 염전(salt farm, 28km²)도 분포하고 있었던 것으로 나타났다.

그 당시 북한 서해안 상부의 용암포 일대와 하부의 광량만 일대에는 습지(marsh, 89km²)와 염생습지(salt marsh, 61km²)가 6% 분포하고 있었던 것으로 나타났으며 표 2는 고지형도를 이

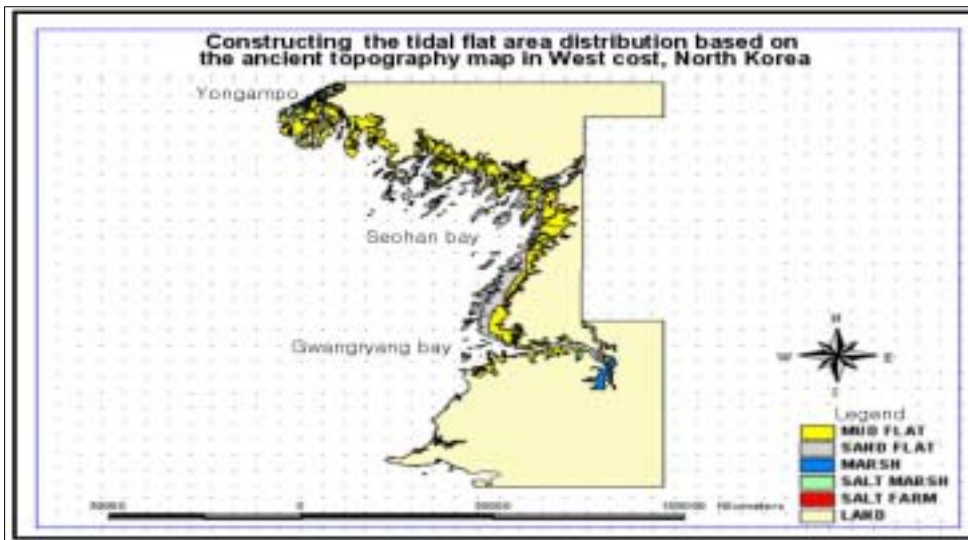


FIGURE 3. Preparation of tidal flat distribution in Seohan bay with topography map(1918~1920)

TABLE 2. The tidal flat size in West coast, North Korea(1918~1920) unit:(km²)

Class	Area(km ²)	Percent(%)
mud flat	1609	65
sand flat	708	28
marsh	89	4
salt marsh	61	2
salt farm	29	1

용한 북한 서해안 연안 간석지 분류별 면적 산출결과를 보여주고 있다.

2. 미지형 간석지 추출을 위한 위성영상 밴드별 분광특성

그림 4는 북한 서해안 지역의 분광특성과 간석지 미지형 추출을 위하여 서해안을 비롯하여 광량만, 해주만, 강화만, 아산만, 가로림만, 줄포만, 순천만의 영상을 처리한 것이다.

ISODATA clustering을 이용하여 북한 서해안 지역을 분석해 본 결과 크게 2개의 분류로 구분되었기에 본 연구에서는 class I 과 II로 명명하였다.

아울러 고지형도에 93% 이상 분포하고 있는 Mud flat과 Sand flat의 분광특성을 파악하기

위하여 각각을 임의의 class I 과 classII로 추정하여 구분 지었다. 우선 class I 과 classII 의 파장대별 분광특성을 알아보기 위하여 Landsat TM/ ETM+영상의 thermal 밴드를 제외한 6개의 밴드(visible and near infrared)를 이용하여 8개의 간석지 지역에(서해안, 광량만, 해주만, 강화만, 아산만, 가로림만, 줄포만, 순천만) 대한 분광특성을 파악하였다.

class I 과 classII가 정확하게 무엇을 의미하는가에 대한 검증은 현장조사, 퇴적물 분석, 지형조사 등을 통하여 이루어져야 하지만 연구 대상지가 비 접근지역이므로 검증이 불가능한 실정이다. 따라서 본 연구에서 수행된 분광특성에 대한 분석 결과와 기존연구를 참고하여 class I 과 classII를 정의하고자 한다(그림 5, 6, 표 3).

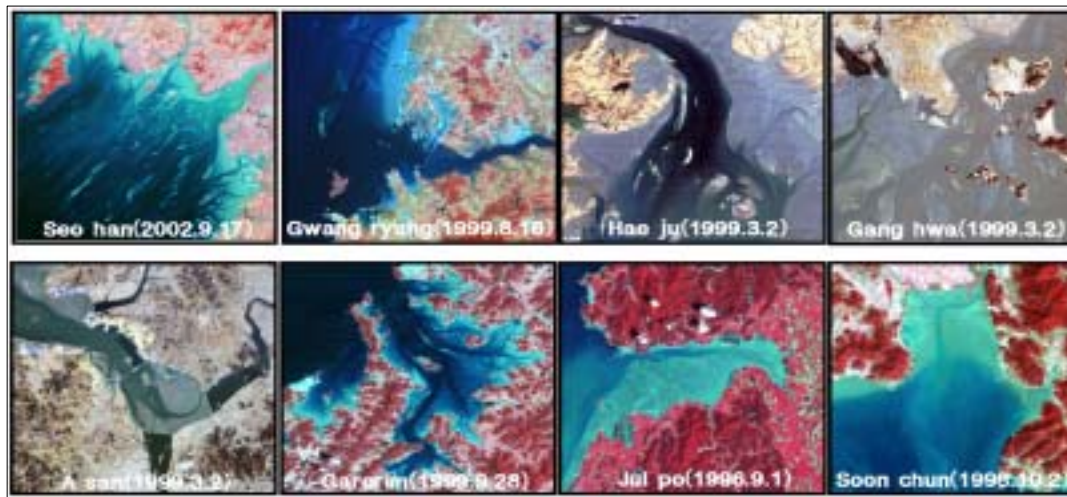


FIGURE 4. Various tidal flat areas based on existing study (Landsat TM/ETM+)

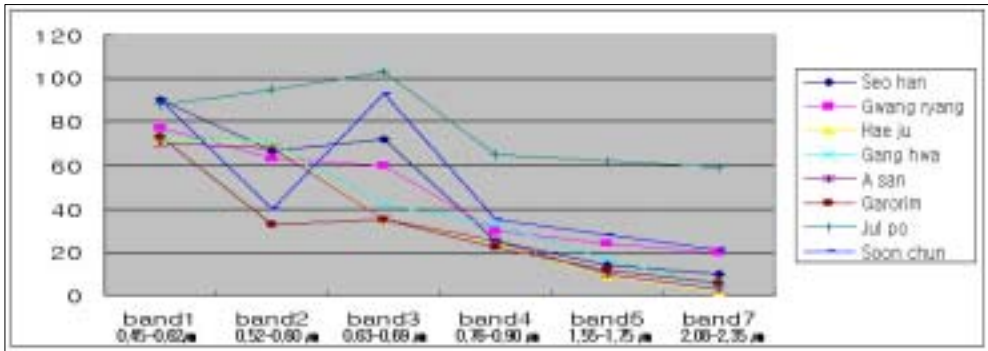


FIGURE 5. The spectral characteristic of each band in class I

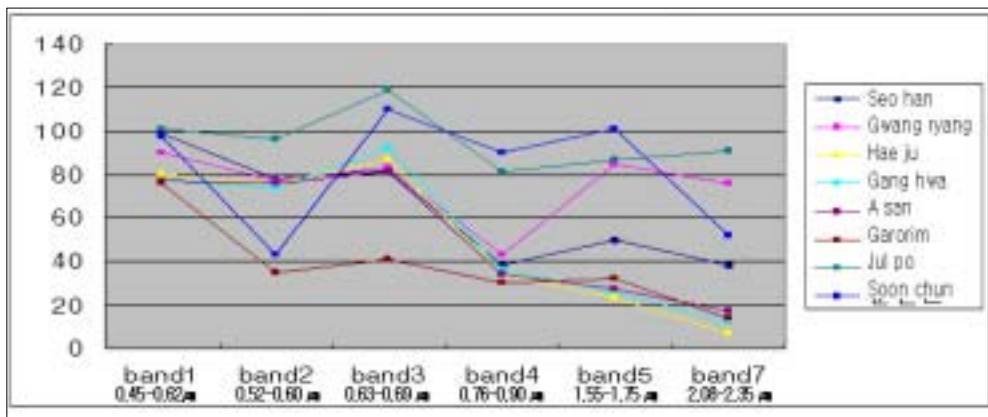


FIGURE 6. The spectral characteristic of each band in class II

TABLE 3. The DN values of each band in class I and class II(Landsat TM/ETM+)

Band μm	Band 1 0.45-0.62		Band 2 0.52-0.60		Band 3 0.63-0.69		Band 4 0.76-0.90		Band 5 1.55-1.75		Band 7 2.08-2.35	
	class		class		class		class		class		class	
Area	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
서한만	99	90	78	67	82	72	38	25	50	14	38	10
광량만	90	77	77	63	83	60	43	30	85	24	76	20
해주만	80	72	76	70	87	35	34	24	23	9	7	2
강화만	77	73	74	71	92	42	36	33	26	17	12	4
아산만	77	70	76	68	81	35	34	25	27	10	17	3
가로림만	76	73	35	33	41	35	30	22	32	12	14	6
줄포만	101	88	96	95	119	103	81	65	87	62	91	59
순천만	98	90	43	40	110	93	90	35	101	28	52	21
Mean	87	79	69	63	87	59	48	32	54	22	38	16

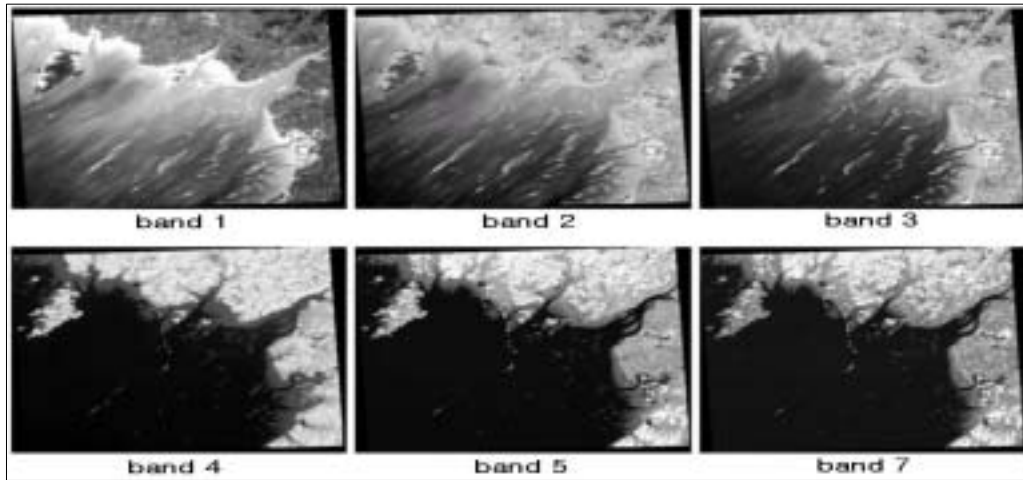


FIGURE 7. The spectral characteristic of Seo han bay

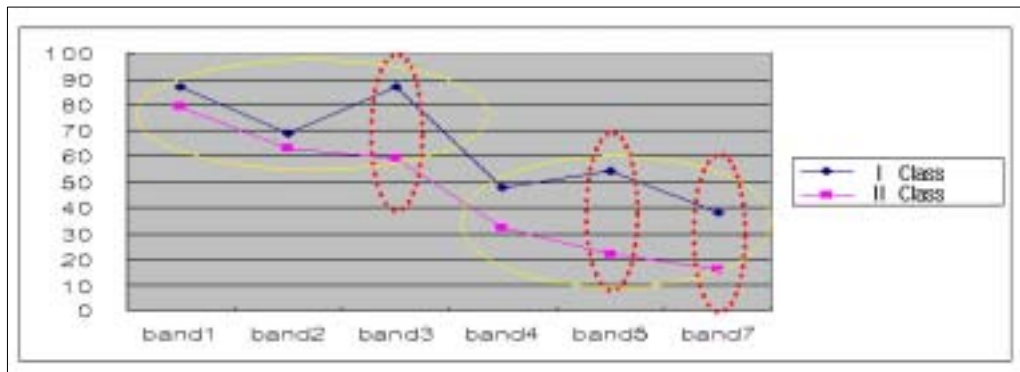


FIGURE 8. The spectral characteristic of each band in class I and class II

아울러 그림 8과 표 4에서는 밴드별 간석지 미지형 분광특성의 평균값을 나타낸 것으로 mud flat과 sand flat은 상대적으로 단파인 가시광역의 1-3 밴드에서 DN 값이 높게 나타나고 장파의 적외선 영역인 4, 5, 7 밴드에서는 DN값이 낮게 나타났다. 또한 간석지 DN 평균값의 차이에 있어서는 장파에 비해서 단파의 차

이가 큰 것으로 나타났다(1998, 조명희).

간석지내의 미세한 지형 특성 분석에는 밴드 3, 밴드 5, 밴드 7이 간석지간의 DN 값의 변별이 높은 것으로 나타났으며 밴드간의 DN값 변별력은 밴드 3과 밴드 4가 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 점으로 미루어 볼 때 육지와 간석지간의 경계를 구분하기 위해서는 밴드 3, 밴

TABLE 4. The average DN values of each band in class I and class II

class \ Band	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
A class	87	69	87	48	54	38
B class	79	63	59	32	22	16

드 4가 유용한 것으로 판단되며 간석지 간의 미지형 분류에는 밴드 3, 5, 7이 가장 적합한 밴드로 판단된다(그림 8).

3. 위성영상 자료를 이용한 간석지 추출

흑백 영상을 분류하는 방법에는 일반적으로 영상을 합성해서 분류하는 방법과 고차통계 식을 사용하여 mixing된 데이터를 독립기저 요소로 분류하는 방법 등이 있다.

본 연구에서는 단지 간석지의 분류가 목적이므로 영상에서 육지 부분은 마스킹 처리하고 (masking) 간석지 부분만 추출하여 간석지의 경계 및 바다와의 경계를 뚜렷하게 구분 짓고자

우선 흑백 단일 영상인 KOMPSAT EOC영상 화소 값의 99%이상을 차지하고 있는 38-85사이의 DN 값들을 일차선형변환식을 사용한 후 0-255로 재배열하여 흑백 영상의 명도를 향상시켰다. 간석지 관련 부분만 화상 강조 기법인 convolution filtering method중에서 high frequency pass filter를 통하여 화상 변환을 수행하였다(그림 9).

아울러 간석지 추출을 위하여 먼저 ASTER 영상의 14개의 밴드 중 가시광 영역의 밴드 1(0.52 μ m-0.60 μ m), 밴드2(0.63 μ m-0.69 μ m)와 근적외 영역의 밴드3(0.78 μ m-0.86 μ m)을 조합하였으며 Landsat TM / ETM+영상은 4/3/1 밴드 조합을



FIGURE 9. KOMPSAT EOC image conversion using high frequency pass filtering for tidal flat extraction(Seo han bay, North Korea, 2001.9.18)

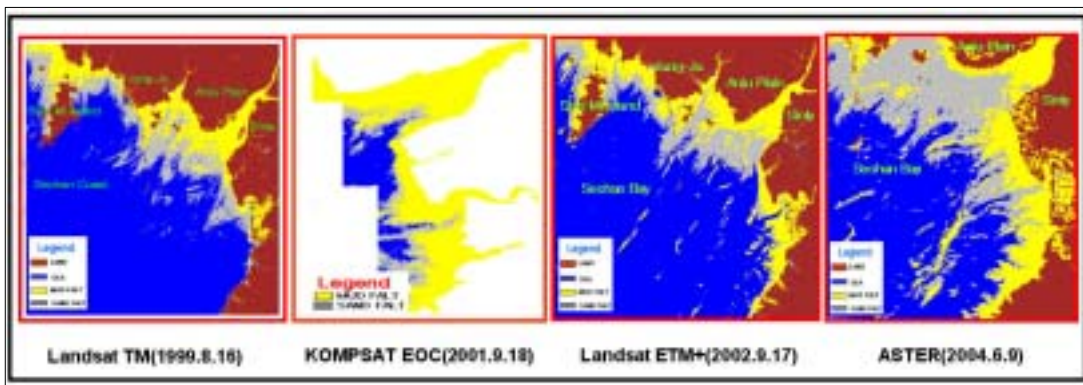


FIGURE 10. Tidal flat distribution map though ISODATA clustering using Landsat TM/ETM+, KOMPSAT EOC, ASTER images.

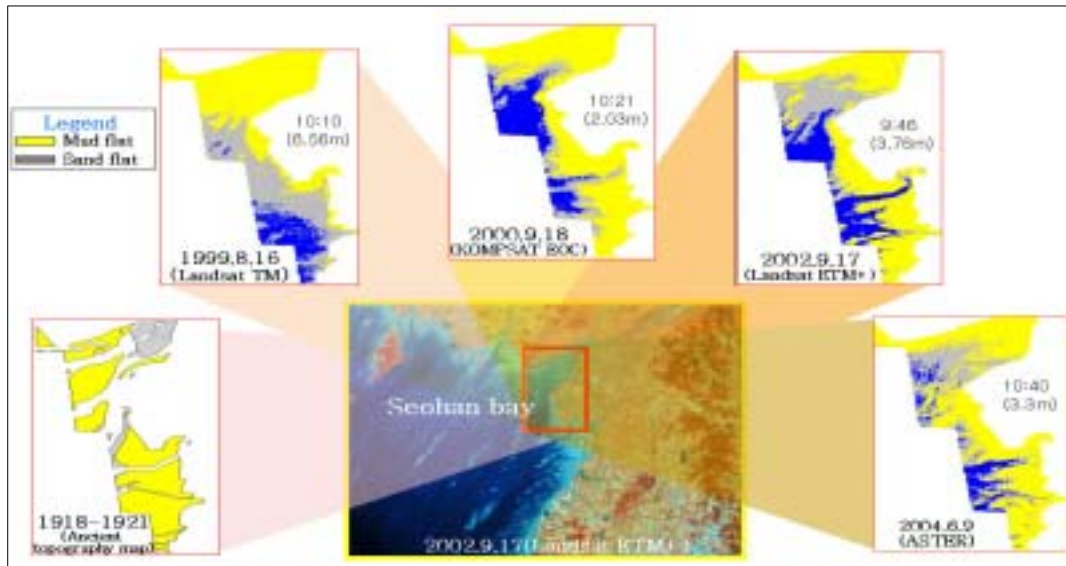


FIGURE 11. The tidal flat area distribution maps on passing years in Seo han bay, North Korea(1918-2002)

수행하였다.

이를 기반으로 KOMPSAT EOC, ASTER, Landsat TM/ETM+영상을 무감독분류기법 중의 하나인 ISODATA clustering 방법을 북한 서한만지역의 통하여 간석지를 추출한 결과는 그림 10과 같다.

4. 북한 서한만의 경년에 따른 간석지 면적 변화

북한 서한만의 경년에 따른 간석지 면적 변

화를 알아보기 위하여 고지형도 기반으로 작성한 간석지 분포도(1918-1920)와 Landsat TM(1999.8.16), KOMPSAT EOC(2001.9.18), Landsat ETM+(2002.10.17), ASTER(2002.6.9)를 이용하여 작성한 간석지 분포도를 기반으로 간석지 면적 변화를 살펴보았다.

간석지의 면적은 조위의 영향을 많이 받으므로 간석지의 정확한 면적 변화를 알아보기 위해서는 동일한 조위 관측소에서 동일한 조위일 때 비교·분석이 수행되어야 한다. 하지만 현실

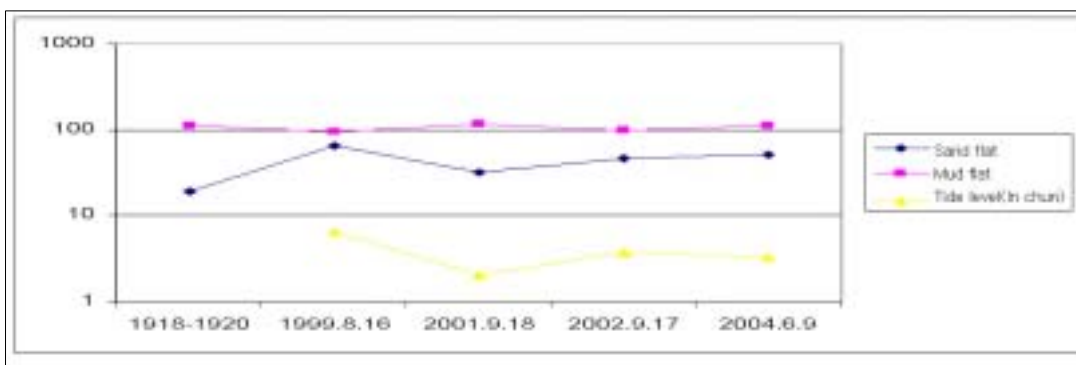


FIGURE 12. The change of tidal flat area based on tide level(In chun)

TABLE 5. The change of tidal flat area on passing years in Seohan bay, North Korea

Year	1918-1920	1999.8.16	2001.9.18	2002.9.17	2004.6.9
Time		10:10(AM)	10:21(AM)	9:46(AM)	10:40(AM)
class					
Tide level(m)		6.56	2.03	3.76	3.03
Sand flat(km ²)	19.08	66.48	32.34	47.04	52.07
Mud flat(km ²)	111.99	94.46	116.81	97.47	113.28

적으로 위성영상의 촬영날짜와 동일한 조위 관측소에서 동일한 조위일 때 이 3가지 조건을 모두 만족시키기에는 현실적으로 거의 불가능하다.

그러므로 본 연구에서는 북한 서한만 일대의 동일한 지역, 동일한 면적에 관하여 동일한 관측소 자료를 획득할 수 있는 인천 조위 관측소에서의 조위 값에 따라 간석지의 면적 변화에 관하여 분석을 실시하였다. 아래의 그림 11과 표 5는 조위 값에 따른 간석지의 면적을 보여주고 있으며 mud flat은 조위에 따른 영향을 크게 받지 않는 반면 sand flat은 조위에 따라 면적의 변화가 있는 것으로 미루어 보아 조위의 영향을 받는 것으로 나타났다.

결론

최근 연안에 대한 중요성과 연안 환경 정보 구축에 관한 사회적 관심이 고취되고 있으나 일반적으로 연안 정보를 획득하기에는 육지의 정보를 구축하는 것보다 큰 제약이 따를 뿐만 아니라 접근이 불가능한 지역에 대해서는 정확한 정보를 구축하는 것은 불가능한 실정이다.

하지만 본 연구에서는 공간적인 제약을 받지 않고 광범위하게 자료를 획득할 수 있는 다양한 위성영상자료(Landsat TM / ETM+, KOMPSAT EOC, ASTER)와 GIS 공간분석을 실시하여 간석지의 분광특성을 규명하였다. 아울러 과학적이고 종합적인 연안 간석지 정보 구축을 위하여 ISODATA clustering 영상처리방법을 이용한 북한 서한만 간석지 추출과 경년과 조위에 따른 간

석지 면적 변화 탐지를 수행하여 비 접근지역의 간석지 연구를 위한 위성영상자료의 효율성을 규명하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 첫째, 1918-1920년에 제작된 북한 서해안 전역의 33도엽 1:50,000 축척의 고지형도를 수치화하여 GIS DB로 구축함으로써 과거 북한 서해안의 간석지의 공간 분포 및 특성을 알 수 있었으며 비 접근지역의 간석지 경년 변화 탐지분석이 가능하였다.

둘째, Landsat TM/ ETM+ 위성영상을 이용하여 간석지의 분광 특성을 파악함으로써 간석지 내의 미세한 지형분류 및 바다와 간석지 그리고 육지와 간석지간 경계등을 효율적으로 분류할 수 있는 밴드를 제시하고 ISODATA clustering 영상처리방법이 효율적인 것으로 나타났다.

셋째, 간석지 미지형 분류에 있어서 mudflat과 sandflat이 밴드1 /밴드2 /밴드3에서는 DN값이 높게 나타나고 있었으며 밴드4 / 밴드5 / 밴드 7에서 낮은 DN값을 나타내고 있었다. 아울러 밴드 3 / 밴드 4의 DN값의 편차가 큰 것으로 미루어 보아 경계 구분에 적합하며 밴드 3 / 밴드 5/ 밴드 7의 변별력이 높아 미 지형구분에 있어서 효과적인 밴드로 판명되었다.

넷째, KOMPSAT EOC 단일영상을 이용한 간석지 추출에 있어서는 일차선형변환식을 통하여 흑백영상의 명도를 향상시킨 후 high frequency pass filter method를 통한 효율적인 간석지 분류 기법을 제시하였다.

다섯째, 고지형도기반의 간석지 분포도와 다

양한 위성영상자료(KOMPSAT EOC, Landsat TM/ETM+, ASTER)기반의 간석지 분포도를 조위에 따른 중첩 비교 분석함으로써 경년에 따른 북한 서한만 간석지의 면적변화를 탐지할 수 있었다.

본 연구 결과는 향후 북한 서한만 간석지의 관련 연구뿐만이 아니라 남한 간석지 특성 연구에도 활용될 것으로 사료된다. 아울러 간석지 미지형의 보다 정확한 분류를 위하여 보다 다양한 시기와 다중분광 고해상 위성영상자료를 이용한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

KACRE

참고문헌

- 정종철. 2002. 다중시기 위성영상의 무감독분류에 의한 갯벌의 입자 분포도. 대한원격탐사학회지. 18(2): 71-79.
- 서영상. 2001. 위성원격탐사에 의한 한반도 근해의 해양학적 특성. 부경대학교 대학원 박사 학위논문. 118쪽
- 조명희, 조화룡. 1999. 위성영상을 이용한 줄포만 간석지의 미지형분류와 지형적 특성. 대한 원격탐사학회지. 18(3): 217-225.
- 조명희, 조화룡. 1998. 위성원격탐사에 의한 줄포만간석지의 미지형 분류 및 퇴적물 입도특성분석. 대한지리학회 춘계 학술 발표대회 요약집. 39-45쪽.
- 조화룡, 조명희 2000. 위성원격탐사를 이용한 곰소만 간석지의 미지형과 퇴적물 입도특성 분석. 한국지리정보학회지 3(1): 44-56.
- 한국항공우주연구원. 2003. 위성자료를 이용한 비 접근 지역의 연안환경 변화분석. 9-14쪽.
- 한국항공우주연구원. 2004. 위성자료를 이용한 비 접근 지역의 연안환경 변화분석. 6-28쪽.
- Budd,J.T.C. and E.Jmilton. 1982. Remote sensing of salt marsh vegetation in the first four proposed Thematic Mapper, International Journal of Remote Sensing. 3(2):147-161.
- John R. Jensen. 1996. Introductory digital image processing Prentice Hall.
- Jo Myung-Hee, Y.W. Jo, Y.Sugimory and A. S. Suh. 2000. A case Study on Chlorophyll Estimating Algorithm in Southern of Korea Using Landsat Images. Proceedings of the Fifth Pacific Ocean Remote Sensing Conference. pp.55-58.
- Park, Y.A. and K.S.Choi, 1998. Silty tidal rhythmites from the upper pleistocene sedimentary sequence, western coast of Korea. Journal of Korean Society of Oceanography 33(3): 71-79. **KACRE**