

연구논문

Landsat TM과 MODIS 영상을 이용한 새만금해역 표층수온 변화 탐지

정 종 철

남서울대학교 GIS공학과

(2011년 2월 26일 접수, 2011년 4월 13일 승인)

The Change Detection of SST of Saemangeum Coastal Area using Landsat and MODIS

JEONG, Jong-Chul

Dept. of Geoinformatics, Namseoul University

(Manuscript received 26 February 2011; accepted 13 April 2011)

Abstract

The Saemangeum embankment construction have changed the flowing on the topography of the coastal marine environment. However, the variety of ecological factors are changing from outside of Saemangeum embankment area. The ecosystem of various marine organisms have led to changes by sea surface temperature. The aim of this study is to monitoring of sea surface temperature(SST) changes were measured by using thermal infrared satellite imagery, MODIS and Landsat. The MODIS data have the high temporal resolution and Landsat satellite data with high spatial resolution was used for time series monitoring. The extracted informations from sea surface temperature changes were compared with the dyke to allow them inside and outside of Saemangeum embankment. The spatial extent of the spread of sea water were analyzed by SST using MODIS and Landsat thermal channel data. The difference of sea surface temperature between inland and offshore waters of Saemangeum embankment have changed by seasonal flow and residence time of sea water in dyke.

Keywords : Saemangeum, sea surface temperature, MODIS, Landsat

I. 서론

현재 진행되고 있는 새만금 개발 사업은 전북 군산과 부안을 연결하는 33Km의 세계최장의 방조제로 간척토지 28,300ha와 호소 11,800ha를 조성하기 위해 시작된 사업이다. 방조제는 1991년 11월 16일에 착공을 시작한 후 2006년 4월 방조제 물막음 공사가 완료 되었고 2010년 4월 27일 완공되었다(윤석, 2009).

새만금 지역은 19년 동안 방조제 공사가 진행되면서 방조제 내해와 외해가 공간적으로 차단되었다. 최근 갑문으로 해수의 유입과 방류가 되고 있지만 물막이공사 전과 비교하면 흐름이 차단되고 인위적으로 조정되고 있다. 따라서 주변 해역의 환경변화가 급격히 진행되고 있고 외해지역의 연안생물의 집단 폐사와 내해지역의 해파리와 부유생물이 폭발적으로 증가한 것으로 나타나고 있다(민지은, 2006).

이렇게 해양환경변화가 생태계의 피해로 이어지는 새만금 방조제 해역은 지속적이고 조밀한 관측이 필요하여 부이와 관측타워 등 다양한 관측장비를 이용하여 해양과 방조제 내만의 환경변화를 해수의 유입과 방류의 영향권을 중심으로 분석하고 있다. 이러한 현장관측조사 및 모니터링은 매우 의미있는 관측연구이다. 그러나 새만금지역의 관측소가 조밀하지 못하고, 지속적이고 광범위한 공간적 범위의 실측데이터를 취득하는데 어려움이 있다. 해수면 관측자료의 경우 관측지점들이 멀리 떨어져 있고 지역적인 환경변화(해수의 흐름, 계절풍 등)의 영향에 변화가 크기 때문에 광역적이고 조밀한 관측자료를 취득하기가 매우 어려운 실정이다. 따라서 공사가 진행되는 과정에 따라 연안환경변화와 내해와 외해의 장기적인 변화 파악을 위해 위성영상에 의한 열적외선 자료를 분석하고 이를 시-공간적인 규모에서 분석하는 것은 매우 의미 있는 연구이다. 정종철 외(1999)는 시화호를 대상으로 Landsat 영상에 의한 표층수온 분석을 실측 자료 기반으로 연구하여 표층수온을 관측할 때 나타나는 오차의 원인을 제시하였고, 윤석 외(2009)는 Landsat과 AVHRR을 기반으로 새만금해역의 표층수온을 분석하였다. 본 연구에

서는 MODIS와 현장관측 자료를 비교 검증하고, 이를 60m 공간해상력의 Landsat ETM+ 기반으로 방조제내만과 외해역의 표층수온을 분석한 자료는 아직 제시된 바가 없으며, 장기적인 열적외 공간분석 모니터링기법을 적용하여 시간적 변화에 따른 해수 표층 수온의 공간적 분포 특성을 해석하는데 본 연구의 목적이 있다.

II. 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 116-35 영역 새만금지역(그림 1)의 Landsat TM과 ETM 영상을 기하보정과 대기보정(양인태 외, 1999; 이광재, 2005)하고 표층수온 추출 알고리즘(NASA, 1986; NASDA, 2000)을 적용하여 표층수온을 추출하였다. 또한 1 km 공간 해상력을 가진 MODIS 열적외 밴드 자료에 의해 해수온의 공간 특성을 비교하고, 각각의 위성영상에 의한 공간 분해능력과 열적외 추출 및 분석기술 적용방법을 비교하였다. 이를 바탕으로 공간해상력과 분광해상력을 평가하여 방조제 내해와 외해의 표층수온 변화를 시계열 자료로 분석하고 방조제 공사 초기와 중기 그리고 완공시점의 해수 표층 수온의 공간적 변화를 구분화하였다. Landsat 위성의 열적외선 밴드를 이용하여 다음 식(Chander and B. Markham, 2003)을 적용해 해수표면 온도를 구할 수 있다.

Landsat 7 위성은 열적외선밴드가 한번에 Low gain과 High gain을 측정하기 때문에 6-1, 6-2로 NASA에서 제공하는(표 1)을 적용하여 산출하였고 공간해상력은 60m 이다.

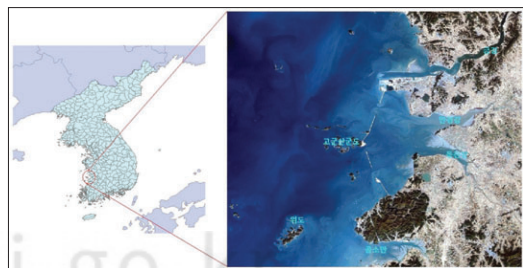


그림 1. 연구의 공간적 범위 및 위성영상 지도

표 1. Landsat 7 위성 열적외선밴드 함수

Low gain(6-1)		High gain(6-2)	
LMIN	LMAX	LMIN	LMAX
0.0	17.04	3.2	12.65

표 2. 보정계수의 적용(센서의 지상보정함수)

$K_1(w/m^2 sr^* um)$	$K_2(Kelvin)$
666.09	1282.71

열적외 채널 변환 함수

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{\lambda}^{MAX} - L_{\lambda}^{MIN})}{(B_6^{MAX} - B_6^{MIN})} \times (B_6 - B_6^{MIN}) + L_{\lambda}^{MIN} \quad (1)$$

위 (수식 1)을 이용하면 위성영상에 기록된 값을 해수표면에서 방출되는 절대 복사량으로 변환할 수 있고 (수식 1)에서 L_{λ}^{MAX} 와 L_{λ}^{MIN} 는 분광과장 에너지의 최대 최소값을 의미하며 B_6 는 6번 밴드의 DN값을 의미한다. B_6^{MIN} 는 6번 밴드에서 나타낼 수 있는 최소값으로 0 또는 1을 B_6^{MAX} 는 최대값으로 255를 대입했다. (수식 1)에서 산출된 절대 복사량은 NASA에서 제공하는 Landsat 위성영상 온도 산출식과 비교 검증된 자료이나 사용되는 영상자료의 획득시점에 따라 대기의 기상조건 등이 다양하고 동일시기의 영상 에서도 구름과 에어로졸, 황사 등에 대한 열적외선의 대기보정과 방사보정을 수행하였다.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda} + 1}\right)} \quad (2)$$

T = effective-satellite temperature in Kelvin

K_2 = calibration constant 2 in Kelvin

K_1 = calibration constant 1 in Kelvin

(수식 2)에서 K_1 와 K_2 는 분광사휘도와 절대온도의 보정 계수이다. 여기서 산출된 값은 절대 온도 단위임으로 $^{\circ}C$ 단위로 변환 해주었다. MODIS 영상은 NASA에서 Level 2의 SST영상을 연구영역으로 리샘플하여 해수표층수온을 분석하였고 공간해상력은 1 km이다. Landsat 위성영상과 MODIS 자료를 이용한 표층수온 분석의 결과는 현장관측 자료와 비교하기 위해 동일한 날짜에 관측된 위성자료의 비교와 검증을 격자 공간 단위로 분석을 수행하였다.

III. 연구결과 및 고찰

위상영상의 계산값과 실제 해수온과의 차이를 알아보기 위해 MODIS 영상의 SST를 추출해 시각화한 이미지와 새만금 해양환경을 위한 조사연구(해양연구원, 2010)에서 제공하는 새만금 해양환경도의 정기관측 표층 수온도를 비교하였다. MODIS는 시간해상도가 매우 좋아 2002년부터 현재까지 거의 모든 날짜의 영상을 얻을 수 있으므로 현장관측 자료의 관측일과 동일한 날짜의 영상을 분석하기 용이하다. MODIS 영상은 NASA에서 제공하는 Level 2 SST 영상 중 구름의 영향이 없는 영상을 처리하여 SST 비교를 $1^{\circ}C$ 단위로 시각화하였다. 이렇게 시각화한 위성영상을 ArcGIS(Ver.10)에서 수온을 시계열 레이어로 중첩분석이 가능하게 정렬하였다. 해양환경도가 정선 관측점을 위주로 수온관측이 되어 있어서 해역 전체를 비교하기 어렵기 때문에 현장 측정된 해역과 위성관측 자료를 비교한 결과 픽셀 단위의 SST 분포는 유사한 경향을 나타내고 있다.

그림 2의 결과에서 위성영상에 의한 표층 해수온의 분포와 실측 수온이 새만금 내만의 공간범위에서 MODIS SST 분포가 실측치 보다 미관측점의 차이를 나타낸다. 이는 측정시간의 차이로 인한 오차와 육지에 인접한 지역, 만경강과 동진강 하구 지역에서 관측치와 위성 추출값의 오차가 나타났고 중심의 차이에 따른 관측치의 차이가 나타났다.

MODIS영상과 Landsat영상을 이용하여 특정정점(그림 4의 1, 2, 3, 4)의 해수 표층수온의 패턴을 비교분석하여 물막음 공사가 완료된 이전과 이후의 공간적 변화를 비교하였다. 두 종류의 영상 간에 촬영시간대의 차이와 공간해상도의 차이가 있었지만 SST 패턴은 비슷한 경향이 나타났다. 이를 비교하여 표 3에 수온의 분포를 비교하여 제시하여 나타내었다. 표층수온의 비교는 새만금방조제 MODIS와 Landsat 7 영상에서 추출한 표층수온의 분포를 비교하여 제시하여 나타내었다.

그림 3과 같이 위성에서 관측된 결과는 Landsat 보다 MODIS의 SST가 높게 나타났다. 그 이유는

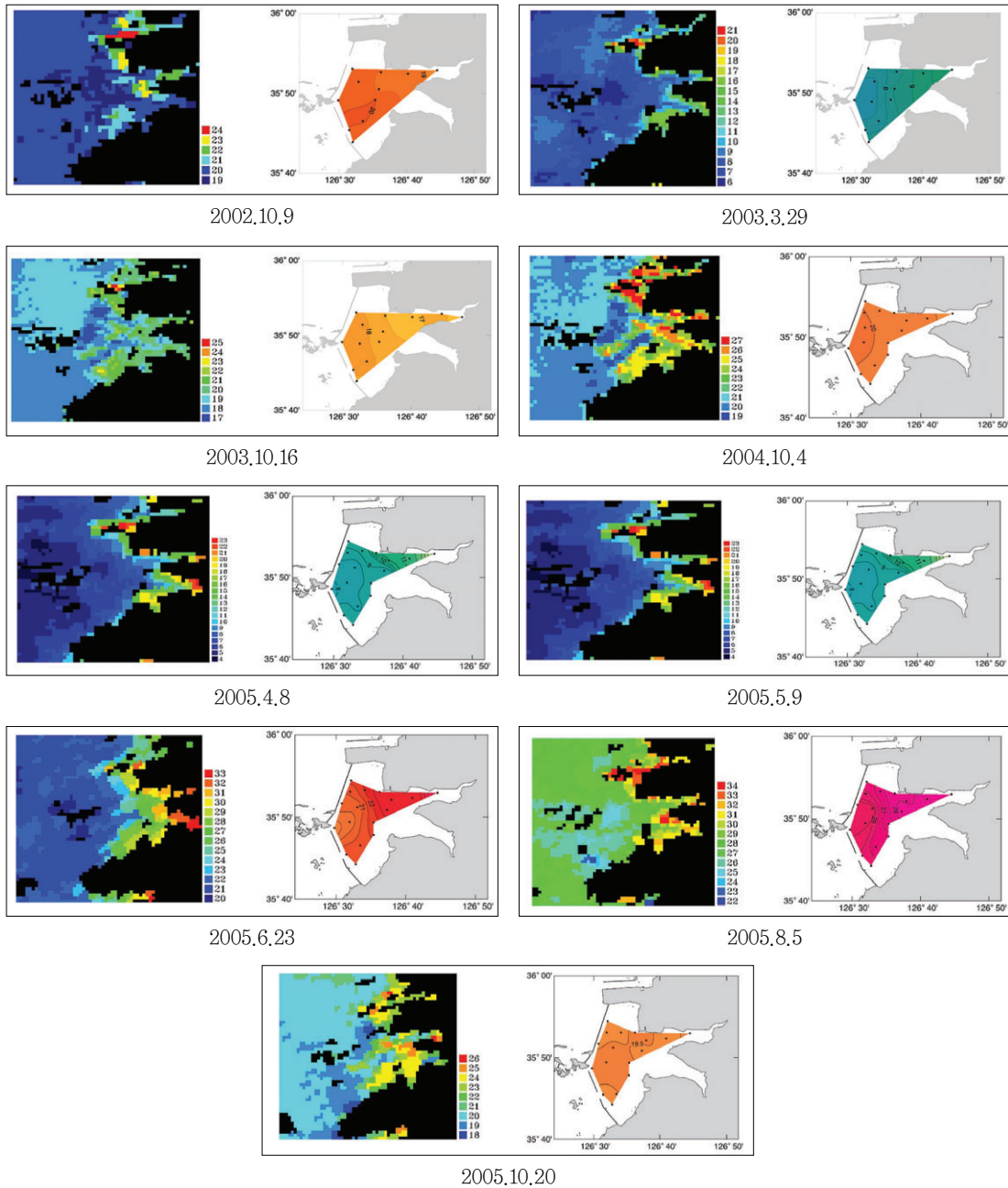


그림 2. MODIS SST 영상(좌)과 실측해수면 온도(우)의 시계열 비교

MODIS의 관측시간이 13시 30분인데 Landsat은 10시 30분에 촬영되는 관측시간의 차이로 나타나는 오차로 판단된다. SST 패턴에서도 차이가 있었는데 외부의 환경요인 영향을 많이 받는 육지에서 표층수온에 많은 차이가 나타났다. 반면 육지에서 가

장 먼 관측점 4의 오차가 가장 적게 나타났다. 계절 별로도 SST 패턴의 차이가 나타나는데 RMS 오차는 여름인 8월에 가장 크게 나타났으나, SST의 분포가 불안정한 봄과 가을에 많은 차이를 보였다. 하지만 SST의 분포가 뚜렷한 여름과 겨울에는 특징적

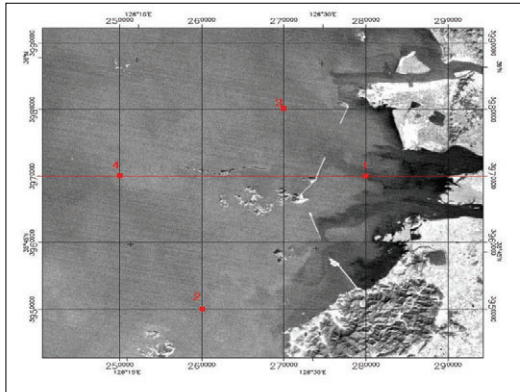


그림 3. Landsat SST 관측점과 내해와 외해 비교 기준선 (x-profile)

인 차이가 나타났는데 여름에는 육지에 가까운 정점 1이 가장 높고 육지에서 가장 먼 정점 4가 가장 낮게 나타났다. 반면 겨울에는 반대의 경향이 나타났고 이는 수심이 얕은 정점의 열전도율의 차이와 방조제 내만의 수온 특성으로 나타나는 SST 분포라고 볼 수 있다.

표 3은 현장관측점을 기준으로 방조제공사 완료 전과 후의 SST를 비교한 표이다. 방조제 공사가 완료되어 해수의 흐름이 차단되자 전체적인 해역의 SST가 증가된 것을 알 수 있다. 특히 방조제 안쪽

표 3. 방조제 공사 전과 후 Landsat SST 비교(°C)

위성관측일자 (계절별 비교)	1 정점(°C)	2 정점(°C)	3 정점(°C)	4 정점(°C)
2001/12/28	2.87	6.40	4.69	7.06
2001/01/10	1.01	4.69	2.25	4.69
2004/01/03	4.67	5.29	4.69	7.06
2001/03/15	4.69	4.08	4.08	3.48
2009/04/09	6.47	7.06	6.47	6.47
2001/05/10	14.99	12.22	13.33	13.34
2008/05/05	13.34	11.66	13.34	9.39
2001/08/22	22.90	22.39	23.41	20.85
2007/08/23	24.93	22.39	24.43	23.41
2001/09/23	18.75	20.33	19.80	19.80
2008/09/10	20.85	20.85	20.85	20.33

지역인 정점 1의 SST 변화폭이 가장 크며 계절적으로는 정점 1의 SST가 겨울에 가장 큰 차이가 나타난다. 이는 방조제 안쪽 해역의 해수 흐름이 차단됨에 따라 해양 환경적 요인이 크게 변화했음을 알 수 있다. 또한 방조제 외각의 가장 가까운 정점 3이 겨울에 SST가 감소했거나 변화의 폭이 줄어 방조제와 접한 외부 해역이 방조제 내해의 영향을 받아 육지와 가까운 연안성 해역으로 변화하고 있음을 알 수 있다.

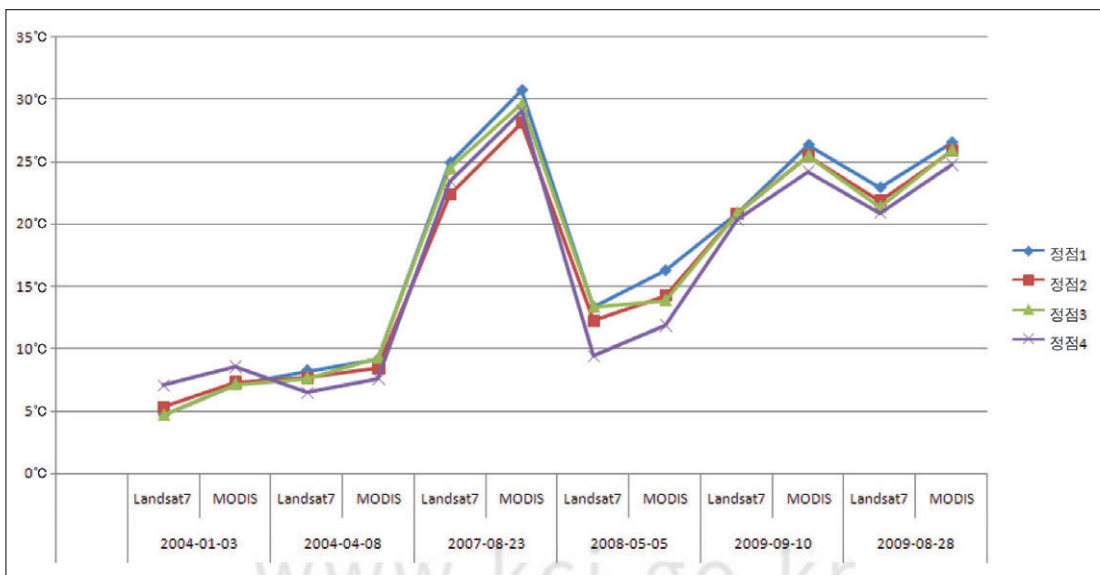
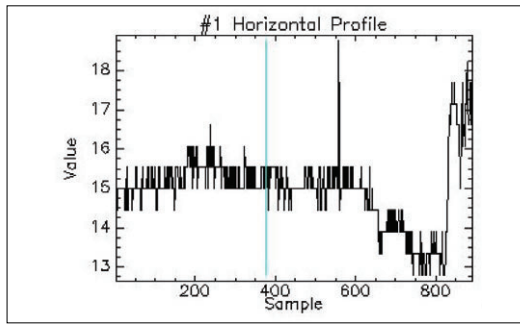
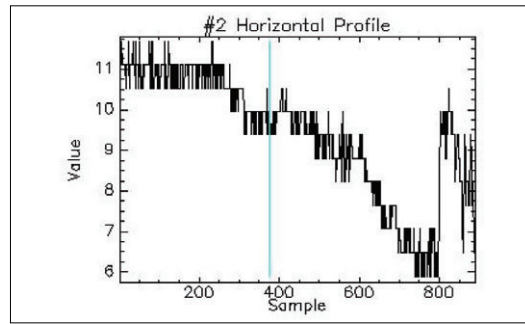


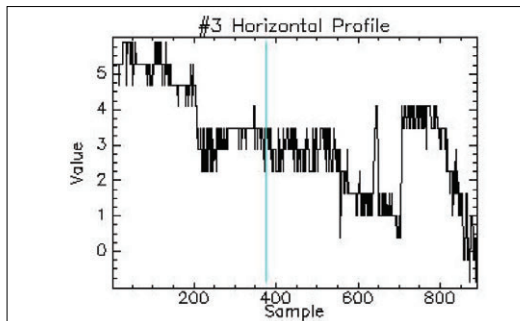
그림 4. MODIS(M)와 Landsat 7(L) 영상에서 추출한 표층수온(°C)의 분포 비교 4개 정점 자료



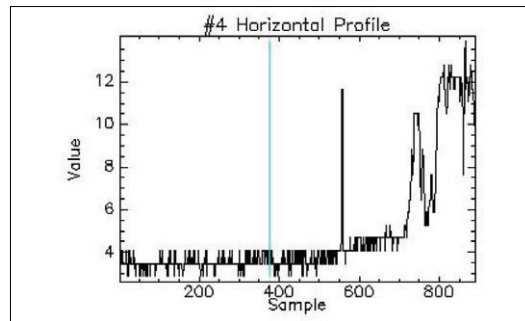
(1999.10.20)



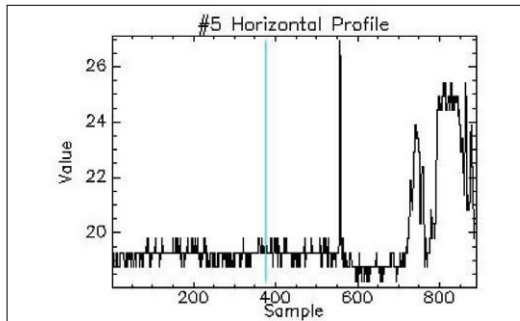
(2000.11.23)



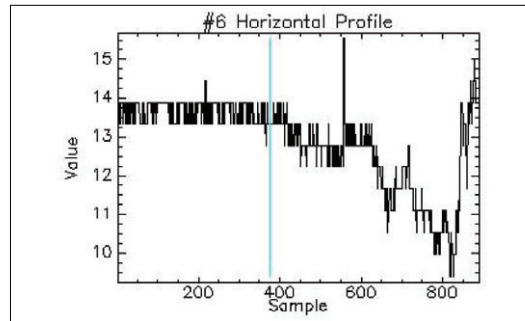
(2001.01.10)



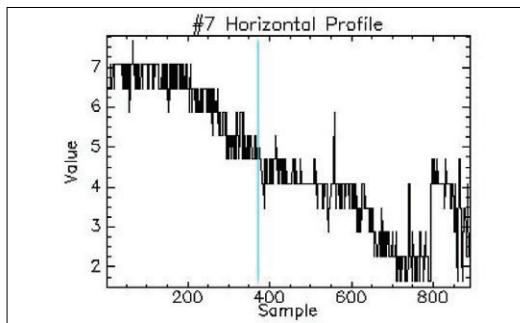
(2001.03.15)



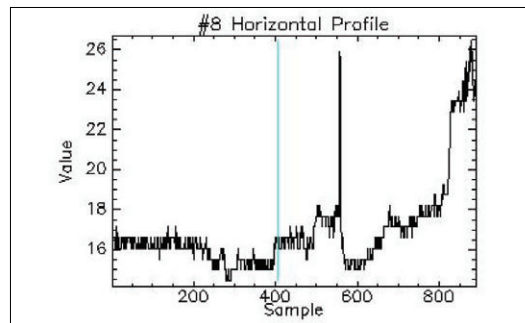
(2001.09.23)



(2001.11.10)



(2001.12.28)



(2002.06.06)

그림 5. 그림 3의 중심선에 따라 추출한 Landsat SST 수평 단면 그래프

(X축: 방조제 외해에서 내해의 거리, Y축: 표층수온(°C))

IV. 결론

시화방조제, 새만금 방조제와 같은 대규모의 연안개발사업은 연안해양환경을 변화시킨다. 특히 해양생태학적 생물상의 변화와 방조제 내만의 정체수역에서 환경변화를 나타내기 때문에 이에 대한 관측의 중요성이 확대되고 있다. 그러나 조사선과 관측타워 등에 의한 환경변화 관측과 모니터링의 제한점을 극복하기 위해서는 시-공간해상력에 의한 위성 관측자료 활용의 필요성이 증대하고 있다.

본 연구에서는 동일한 날짜에 관측된 MODIS와 Landsat 관측자료에 의한 표층수온 추출과 동일한 날짜의 현장관측 자료를 바탕으로 새만금 해역의 해양환경변화를 모니터링하는 방안을 제시하였다. 특히 새만금의 수질관리와 방조제 외해역에 대한 수문조절의 영향을 공간적으로 평가하는데 MODIS와 Landsat의 적용 가능성을 검증하였고, 계절적인 해수 표층의 변화 경향을 뚜렷하게 구분하여 평가하였다. 본 연구의 결과는 향후 천리안과 같은 정지궤도 영상자료와 육지에서 기인하는 비점오염원 등에 의한 새만금의 수질을 평가하는데 위성 자료의 활용을 확대할 수 있는 기초가 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2010년 남서울대학교 교내과제 연구 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 민지은 외, 2006, Landsat TM/ETM+ 연안 부유 퇴적물 알고리즘 개발, 대한원격탐사학회지, 22(2), 87-99.
- 윤석 외, 2009, 열적외선 위성자료를 이용한 새만금 해역 해수표면온도 모니터링, 대한원격탐사학회지, 25(4), 339-358.
- 양인태 외, 1999, Landsat TM 영상으로부터 수질인자 추출을 위한 대기 보정 방법의 선정 한국지형공간정보학회, 7(2), 101-111.
- 이광재, 2005, 다중분광자료를 이용한 영상기반의 대기보정연구, 항공우주기술, 4(1), 211-220.
- 정종철, 유신재, 1999, Landsat TM을 이용한 표층수온 분석 오차, J. K. Soc. Remote Sens., 15(1), 1-8.
- G. Chander and B. Markham, 2003, Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges, IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens., 41(11), 2674-2677.

최종원고채택 11. 04. 15