

# 인공위성 영상을 이용한 제주도 주변 해역의 온도 모니터링 Temperture Monitoring of Chejoo island using satellite Image

\*강준목, \*\*윤희천, \*\*\*이성순  
Kang, Joon-Mook Yun, Hee-Chon Lee, Sung-Soon

## 要 旨

다양한 분야에서 위성 영상 자료를 이용한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 Landsat 위성 영상자료는 피복면적이 넓기 때문에 광범위한 지역의 변화 모니터링에 유용하다. 또한 어획량 및 바다 환경 보존이라는 측면에서 수온 분포를 파악하는 것은 중요하다. 이를 위하여 조사선박을 이용하여 직접 수온을 측정하고 있으나, 그것은 측정시간이 오래 걸리고 해류 영향을 시간적으로 고려하기 어렵고 획득 자료가 주변온도를 대표하는 점(point) 자료이기 때문에 전체적인 양상을 정확히 파악하기가 쉽지 않다는 단점이 있다. 뿐만 아니라 해안에 근접한 해수면에 대한 소규모적인 관측이 주로 이루어지므로 넓은 지역을 동시에 주기적으로 관측하기에는 시간, 인력, 비용이 많이 소요된다. 이러한 배경에서 수시로 적시에 넓은 지역에 대한 객관적인 정보를 동시에 수집할 수 있는 원격탐사 기술의 필요성이 더욱 강조되고 있다.

본 연구는 수온관측자료와 Landsat ETM+ 자료를 이용하여 제주도 주변 해역의 수온을 모니터링하고자 하였다. 따라서 서귀포, 표선, 제주, 조천, 성산 및 대정 근해에서 조사한 수온자료와 Landsat ETM+ 밴드 6의 밝기값과의 관계식을 도출하였고 이를 기반으로 제주도 주변 해역의 수온을 효과적으로 모니터링 할 수 있었다.

## ABSTRACT

The studies using satellite data have been progressed in many area. Especially, Landsat data have been widely used due to its wide coverage. To establish a plan for preserving fishing and environment preservation, measurement of sea temperature is important. The measurement of the sea temperature was made on the ship. However, the measurement on the ship could not provide sufficient information due to the poor timing with relatively longer measurement, and point-based data acquisition. Thus remote sensing technique is required because satellite image data offer more wide coverage in sea temperature monitoring.

The purpose of this paper was to study on the sea temperature monitoring with thermal band information of Landsat ETM+. From this study, sea temperature map of Cheju island has been made efficiently.

## 1. 서론

제주도는 우리나라 최대의 섬이자 이국적인 정취만 아니라 사면이 바다로 둘러 쌓여 있기 때문에 바로 많은 관광객들이 찾아가는 곳으로 알려져 있다. 뿐

만 아니라 바다를 기반으로 살아가는 환경학적 요인을 가지고 있다. 따라서 바다 환경을 보호하는 것은 생계수단으로써 어종이나 어획량에 대한 계획수립뿐만 아니라 관광자원으로써의 바다를 지키기 위해 중요하다.

\* 충남대학교 토목공학과 교수

\*\* 안산공과대학 토목공학과 교수

\*\*\* 한국지질자원연구원 연구원

바다 환경, 어종 및 어획량과 관계하여 바다의 수온은 매우 중요하고 이러한 바다 수온과 관계된 자료를 획득하기 위해 실측하는 것은 매우 어렵고 제한적이다. 그러므로, 다양한 분야에서 응용되고 있고 지구 표면 대상물의 열 방사온도를 관측할 수 있는 센서를 가진 위공위성 영상자료를 이용하는 것은 매우 효과적이다.

그러므로, 본 연구는 Landsat ETM+의 영상을 이용하여 제주도 주변의 수온을 탐지하고자 하였다. 이에 2000년 5월 8일 제주도를 포함하는 115-37 path의 Landsat ETM+ 영상과 해양수산부에서 제공하는 1999년 5월에 대한 제주도 주변해역의 수온정보를 이용하여 수온을 산출하고 이를 이용하여 모니터링 하였다.

## 2. 연구 내용 및 방법

본 연구는 제주도 주변해역에서 획득한 수온 자료와 인공위성 영상인 Landsat-7 ETM+ 자료를 이용하여 제주도 주변의 해수면의 온도를 구분하고 모니터링하는데 초점을 맞추고 있다.

미국 지구관측위성인 Landsat 7호의 ETM 센서에 탑재된 10.8  $\mu\text{m}$ -12.5  $\mu\text{m}$ 의 열적외선 파장대를 이용하기 위해 영상 획득시기의 제주도 주변의 기상상태를 분석하고 제주도 주변의 온도를 추출하기 위해 해양수산부에서 관측한 수온 자료를 이용한다. 인공위성 영상 자료에 대해서는 전처리과정으로 1:50,000 수치지형도를 기준으로 기하학적 보정과 분할처리, 농도분할 등의 화상처리를 수행하였다. Landsat ETM+ 영상을 처리하기 위해 인터그래프의 IA(Image Analyst)를 사용하고 처리된 값을 ASCII 값으로 변환하여 분석한다. 그리고 영상의 밝기값과 관측된 온도와의 관계에서 온도 변환 공식을 산출하였다. 산출된 공식을 전영상에 대입하여 화상을 분할하므로써 제주도 주변해역의 온도 분포를 모니터링 하고자 하였다. 다음 그림 2.1은 연구수행의 흐름도이다.

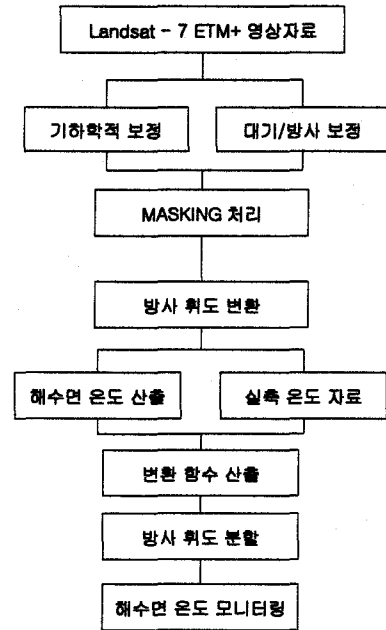


그림 2.1 연구 수행 흐름도

## 3. 영상보정

### 3.1 대기 및 방사보정

인공위성을 통한 영상 자료 획득은 태양으로부터 입사한 빛이 지표면의 물체에 반사된 후 관측 센서에 감지됨으로써 이루어진다. 이 과정에서 태양광선이 지구 대기를 통과하게 되는데, 태양광은 지표면에 도달할 때까지 대기 내 물질에 의해 흡수·산란되어 감소한다. 또한 대상물로부터 반사·산란된 빛이 센서에 도달하는 와중에도 흡수·산란된다. 지표에는 태양으로부터 직접 도달하는 빛 이외에 대기에 의해 산란된 천공광(sky light)도 도달한다. 그리고 센서에는 대상물로부터 반사되거나 산란된 빛 이외에 대기에 의해 산란된 빛(path radiance)도 입사한다. 이러한 영향으로 인하여 센서로 관측한 측정치는 대상물의 분광반사회도와 일치하지 않게 된다.

이러한 이유로 대기 및 방사 보정을 위해 대기 투과율이나 절대방사회도 등의 측정치가 필요한데, 본 연구지역에 대한 측정치가 없어 이미 알고 있는 태양 고도각, 방위각 및 센서 고도 등의 계수를 사용하여

다음 식으로 보정하였다.

$$L \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K(\lambda) [\tau_2(\lambda) N(\lambda) \tau\beta(\lambda) + S(\lambda) \rho(\lambda) + b(\lambda)] d(\lambda)$$

또한 해수면의 기록에 의한 효과를 보정하기 위하여 cosine 보정법을 사용하였다.

$$L_H = L_T \frac{\cos \theta_0}{\cos i}$$

- $L_H$  : 수평면에 대한 방사량
- $L_T$  : 원 원격탐사 자료의 방사량
- $\theta_0$  : 태양의 방위각
- $i$  : 화소의 법선에 대한 태양광 입사각

### 3.2 기하 보정

위성에서 획득한 영상은 위성의 기하학적 특징에 영향을 받게된다. 즉, 투영면, 센서 등 여러 요인에 의해 영상의 기하형상이 달라진다. 이러한 왜곡을 보정하기 위해 기하보정단계가 필요하다.

영상에 포함되어 있는 기하학적 왜곡을 보정하기 위하여 일반적으로 2차원의 평면좌표에 지상기준점(GCP : Ground Control Point)을 이용한 다항식을 사용하여 기하학적 보정을 수행한다. 기하학적 보정은 기하학적 왜곡을 갖고 있는 화상좌표계 U, V와 왜곡을 갖고 있지 않은 지도좌표계 X, Y 간의 좌표변환식에 의해 좌표변환을 행한다. 좌표변환은 다음과 같은 고차다항식을 사용한다.

$$u = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x^{i-1} y^{j-1}$$

$$v = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x^{i-1} y^{j-1}$$

영상에 포함되어 있는 기하학적 왜곡을 보정하기 위하여 일반적으로 2차원의 평면좌표에 지상기준점(GCP : Ground Control Point)을 이용한 다항식을 사용하여 기하학적 보정을 수행한다. 기하학적 보정의 정확도는 지상기준점 선정의 적절함과 지상 기준점 좌표 측정의 정확도에 좌우된다. 지상기준점은 영상좌표와 지도좌표 사이의 변환에 있어서 기준이 되는 점

이므로, 그 위치가 시간에 따라 변함이 없어야 한다. 본 연구에서는 제주도에 대한 축척 1: 50,000의 수치지형도를 기준으로 하여 제주도 해안선과 주변 섬들을 이용하여 Landsat ETM+의 기하보정 하였다. 영상에서 지상기준점의 위치를 정확히 확인하기 위하여 단일 channel 화상을 이용하지 않고, 3개 channel의 합성에 의해 작성되는 위색 합성 영상에서 지상기준점의 위치를 확인하였다. 또한 지상기준점은 화상 전체에서 골고루 분포하게 많은 점을 선정해야 정확한 변환이 가능하게 된다. 본 연구 대상 지역의 특성상 화상의 대부분이 해상지역이기 때문에 지상기준점을 선정하는 것이 어려웠으나 제주도 지역 및 도서지역에 대해 골고루 기준점을 선정하였다.

선정된 기준점을 이용하여 기하학적 보정을 실행함으로써 절대 위치를 보정하였고, 보정된 화소들을 재배열(resampling)함으로써 원하는 최종적인 영상자료를 얻을 수 있었다.

### 4. 연구대상지

본 연구 수행을 위해 우리나라에서 가장 큰 섬이자 사면이 바다로 둘러싸인 제주도를 선정하였다. 제주도는 우리나라 최남단에 존재하므로 다른 지역에 비해 일반적으로 따뜻한 기후를 갖는다.

다음 그림 4.1은 제주도에 대한 1:50,000 축척의 수치지형도이고 그림 4.2는 Landsat-7 ETM+의 전정색 영상이다.

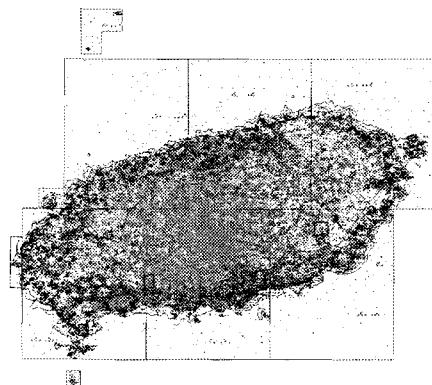


그림 4.1 제주도 지역의 수치지형도(1:50,000)



그림 4.2 ETM+ 전정색 영상(3,2,1)

#### 4.1 영상획득 시기의 제주도 기후

##### 4.1.1 기온

Landsat-7 ETM+ 영상 획득 시기인 2000년 5월 8일을 중심으로 제주도 기온의 변화를 조사한 결과 그림 4.3같이 보름 동안의 온도 변화양상은 일정하다.

영상획득 당일인 5월 8일의 기온은 13°C~21°C사이를 변화하고 있다. 또한 5월 8일을 기준으로 전후날의 기온변화도 일정하다.

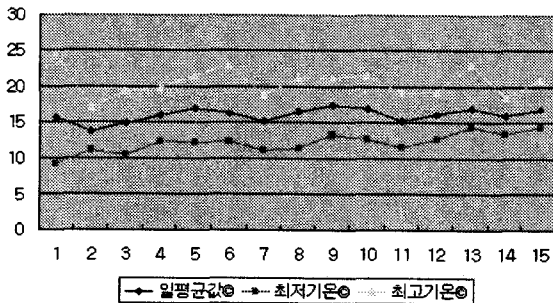


그림 4.3 제주도의 기온(5월 8일 중심)

##### 4.1.2. 운량 및 풍속

영상 획득 시기인 2000년 5월 8일의 제주도 주변의 운량과 풍속이 획득 영상에 주는 영향을 알아보기 위해 영상획득일을 기준으로 보름 동안의 전운량과 풍속을 비교 분석한 결과 주변의 다른 날에 비해 적은 구름량을 보였다. 구름의 영향을 최소화 하기 위해 일반적으로 10%이하의 구름 상태의 영상을 선택하여 사용하는데 연구대상지의 전운량은 8%정도로 나타났

다. 그림 4.4은 영상획득일을 기준으로 구름량의 변화이다.

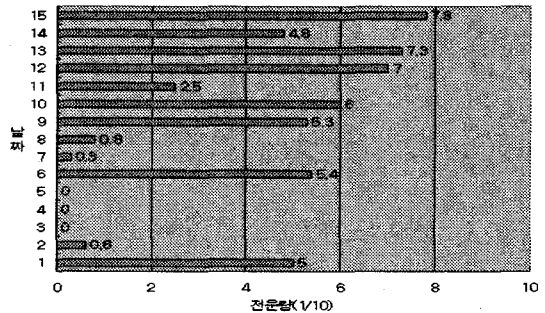


그림 4.4 날짜별 전운량

영상획득 일을 기준으로 주변일의 풍속 변화는 아래 그림 4.5 처럼 나타나고 획득일의 풍속은 1.8%이다.

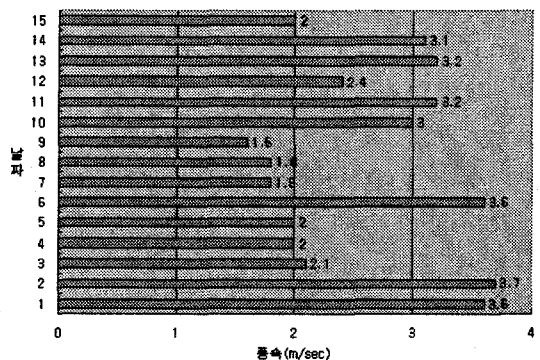


그림 4.5 날짜별 풍속변화

#### 4.2 영상자료

Landsat-7호는 미국 NASA와 국방부(Department of Defense : DOD)에 의해 함께 관리되는 위성으로 국방공동체와 민간 사용자 모두의 목적에 적합하도록 개발되었다.

Landsat-7호의 지구 관측 위성 센서인 ETM+는 Landsat-4,5호의 자료와 연속성을 갖도록 설계되었고 동일한 궤도 및 반복주기 패턴이 사용된다. 뿐만 아니라 영상의 넓이도 185km Swath이다. 그러나 기존의 MSS 및 TM과 비교해 볼 때 향상된 공간해상도인 15m의 Panchromatic 자료와 30m의 해상도를 지닌 가시광선, 근 적외선, 중 적외선 분광지역의 자료를 6개

밴드로 취득할 수 있다. 특히, 7번째인 열-밴드는 60m의 해상도를 갖는다. GPS 수신기도 장착되어 자료 취득 후 자료의 기하학적 처리가 용이하다.

본 연구를 위해 사용된 영상자료는 2000년 5월 8일 획득한 영상으로 Landsat-7의 ETM+의 센서에 의해 획득되었다. 영상은 UTM 투영으로 WGS84 타원체를 가지고 1차적으로 기하보정된 것을 사용하였다. 일차보정된 영상의 중심 좌표는 1265560.0000E 331060.0000N이고 네 개의 귀퉁이 좌표점은 아래 표 4.1과 같다.

표 4.1 원영상의 기하보정 성과

좌상단 =	1255855.7840E	340803.7558N
	221700.813	3781170.492
우상단 =	1281236.1186E	334841.1641N
	426886.566	3741529.010
우하단 =	1275149.9998E	321327.2652N
	392947.174	565857.4860
좌하단 =	1254031.3382E	323234.6961N
	187761.421	3605498.9690

영상을 기하보정하는 동시에 영상에 대한 재배열이 발행한다. 본 연구에서 사용한 영상은 CC 보간을 이용하여 재배열을 실시한 영상을 사용하였다. 다음 그림 4.6은 각 재배열 보간방법에 따라 원래의 영상의 변화이다.



Nearest Neighbor



Bilinear



Cubic Convolution



MTF Compensation

그림 4.6 Landsat-7 재배열 결과 예

그림 4.7은 강조 처리된 Low 모드의 열밴드 영상으로 바다에 비해 육지가 상대적으로 밝다. 이는 일반적으로 근적외선 파장대 이후에서 모든 에너지가 물에 흡수되므로 검게 나타남을 알 수 있다. 또한 히스토그램은 육지에 비해 상대적으로 어둡게 해수면을 나타내게 하기 위해 0~255사이에 존재하는 밝기값을 100~160까지 강조 처리한 결과 밝기값의 분포를 보여주고 있다.

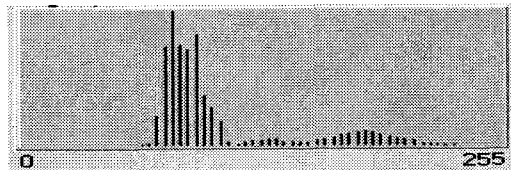
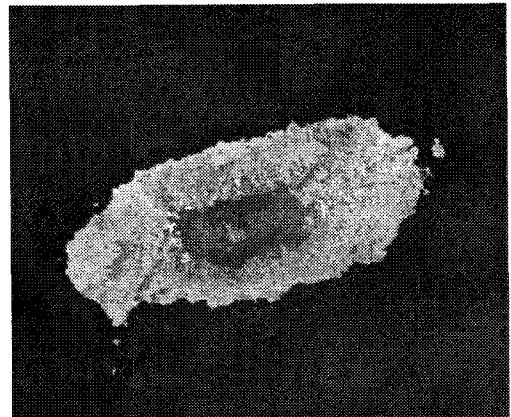


그림 4.7 강조된 6band(low mode) 영상과 히스토그램

### 4.3 수온 분포

인공위성 영상자료를 이용하여 제주도 주변해역의 온도 분포를 모니터링 하기 위한 검증자료로써 2000년도 해양수산부에서 발행한 해양백서를 참고하였다. 그리고 검증지점의 지역별 좌표 자료는 1981년 발행된 제주도 연안 증식 개발 조사 보고서를 참조하였다.

다음 표는 1999년도의 제주 주요 연안의 수온분포이다.

표 4.2 주요 연안의 수온분포(1999년) 단위(℃)

지역	조천	성산
	N33° 32' 00" N33° 35' 00"	33° 27' 00" 33° 29' 00"
월별	E126° 37' 00" E126° 41' 00"	126° 55' 00" 126° 59' 00"
2월	14.6	14.3
5월	16.2	16.1
8월	20.8	22.0
11월	18.9	19.7
연평균	17.63	18.02

지역	대정	제주
	33° 13' 00" 33° 15' 00"	N33° 31' 00" N33° 33' 00"
월별	126° 09' 30" 126° 12' 00"	E126° 30' 00" E126° 35' 00"
2월	15.4	14.6
5월	16.2	16.5
8월	22.2	21.7
11월	20.5	18.3
연평균	18.57	17.77

지역	표선	서귀포
	33° 17' 30" 33° 20' 00"	33° 12' 00" 33° 14' 00"
월별	126° 51' 00" 126° 53' 00"	126° 30' 00" 126° 36' 00"
2월	16.5	15.8
5월	17.5	16.7
8월	23.0	22.6
11월	21.0	21.3
연평균	19.50	19.10

## 5. 수온 분석 및 모니터링

### 5.1 ETM+ 열밴드 high/low 모드의 온도 모니터링

ETM+의 온도 센서의 경우 TM과 비슷하며 Low/High mode의 차이는 거의 발생하지 않는다. 아래 그림 5.1과 5.2는 ETM+의 Low/High 두 모드에

서 개략적인 온도 분포를 나타내며 두 온도 분포 패턴이 거의 다르지 않음을 보여주고 있다. 뿐만 아니라 두 여상에서 발체한 밝기값의 변화를 그래프로 나타낸 그림 5.3은 low mode와 high mode의 관계는 다음과 같다.



그림 5.1 Low Mode에서의 수온분포



그림 5.2 High Mode에서의 수온분포

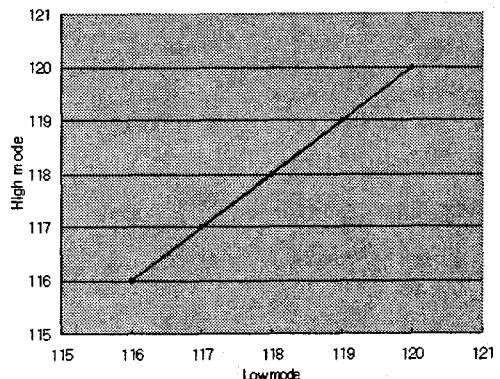


그림 5.3 Low/High mode의 상관관계

## 5.2 ETM+ High mode 온도 모니터링

Low/High 상에서 온도의 분포가 일차 선형변환하기 때문에 High mode의 밝기값 만을 사용하여 연구 대상지의 온도를 선정하였다. High 모드에서의 검증 지점의 밝기값을 샘플링하여 모델링한 결과 다음 그림 5.4와 같은 결과를 얻었다. 각 온도별로 불연속적인 면이 존재하는 것을 알 수 있었고, 이를 기반으로 온도 산출 공식을 추정하였다.

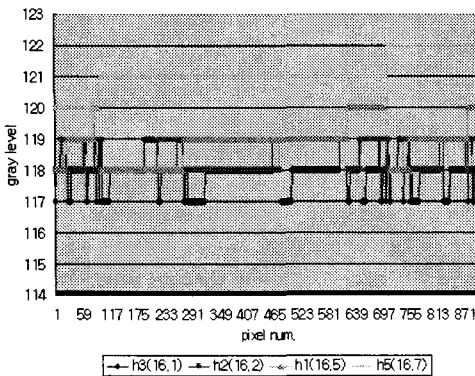


그림 5.4 High mode에서의 각 온도별 밝기값 (16.1도, 16.2도, 16.5도, 16.7도)

각 검증 지점들의 실제 온도와 밝기값의 관계를 살펴본 결과 다음과 기승 3차 방정식을 산출하였다. 아래 그림 5.5의 방정식을 기반으로 밝기값과 온도와의 관계를 설명하였다.

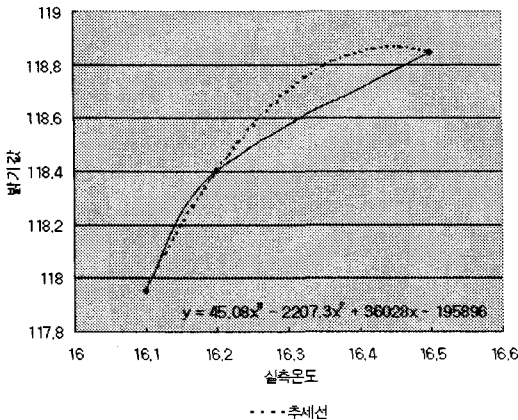


그림 5.5 실측온도와 밝기값의 관계 산출한 공식을 기반으로 산출한 제주도 주변 해역

의 온도 모니터링 결과는 그림 5.6과 같다. 제주도 섬 근처는 근외보다 상대적으로 높게 나타나지만 일본 방향에서 흐르는 해류방향으로 온도가 매우 높게 나타남을 알 수 있었다. 그림 5.6은 우리나라의 5월중 제주도 주변 해역의 수온은 20도 이하로 나타나는 것을 보여주고 있다.

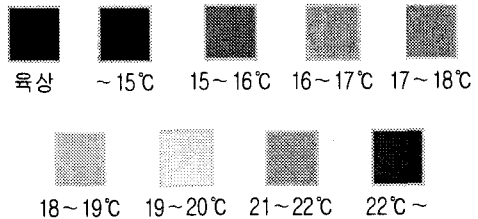
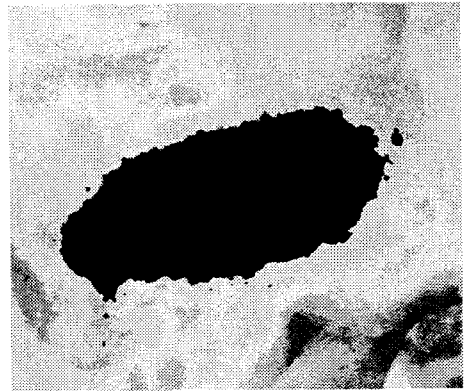


그림 5.6 제주도 주변 해역의 표면온도 모니터링

## 6. 결 론

Landsat ETM+ 영상을 이용하여 제주도 주변 해역의 수온을 모니터링 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 실측온도와 인공위성 영상자료와의 상관관계 분석을 통해 얻은 온도 산출공식으로 제주도 주변 해역의 표면온도 효과적으로 모니터링 할 수 있었다.
2. Landsat-7 ETM+의 열밴드의 Low 및 High mode에서의 실제적 온도 차이는 거의 발생하지 않음을 알

수 있었다.

3. 본 연구 수행 결과 5월중 제주도 주변 해변의 온도는 20도 이하로 나타남을 알 수 있었다.

4. 본 연구와 더불어 영상 획득 당시의 기후조건 및 수심과 수면 온도와의 관계를 심층 분석한다면 더욱 우수한 성과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. A. PATRONO, and D. MUNRO, "Comparative analysis of landsat-5 and landsat-7 data for landcover classification, qualitative evaluation of image fusion products and investigation of thermal characteristics of industrial discharge sources", ISPRS Vol. 33, Part B7, Amsterdam 2000, 931-938.

2. Fisher . H. T, "Thematic catography - what it is and what is different about it", Havard paper in theoretical catography, Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis, Havard, 1978.

3. 이성훈, 1996, 인공위성 영상처리를 이용한 다목적 실용위성의 한반도 통과시각 결정, 연세대학교 대학원 천문대기과학과

4. 배상호, 윤희천 편저, 2001, 원격탐측을 위한 이미 지프로세싱과 분류, 보문당

5. 해양수산부, 제주도 연안 증식 개발 조사 보고서, 1998.

---

(2002년 2월 19일 원고접수)