

## Landsat TM영상을 이용한 호수의 수질분포도 작성 Mapping of the water Quality of lake by using Landsat TM Images

박종선<sup>1)</sup> · 최승필<sup>2)</sup> · 최철순<sup>3)</sup>

Park, Jong Sun · Choi, Seung Pil · Choi, Chul Soon

1) 관동대학교 건설환경시스템공학부 토목공학과 박사과정(E-mail : [tm@samcheok.ac.kr](mailto:tm@samcheok.ac.kr))

2) 관동대학교 건설환경시스템공학부 교수 (E-mail : [spchoi@kwandong.ac.kr](mailto:spchoi@kwandong.ac.kr))

3) 관동대학교 건설환경시스템공학부 교수 (E-mail : [ccsoon@kwandong.ac.kr](mailto:ccsoon@kwandong.ac.kr))

### Abstract

Sensors of Landsat detect different objects with different waves, so the range of water quality conditions can be accurately checked, and their images can be displayed in colors.

The present study was conducted to measure the degree of clearness and depth and to detect elements from the surface water of Hwajinpo Lake. Based on these results, water quality of the lake was analyzed, and the range of water quality was drawn graphically.

According to comparison outcomes, the new technique of detecting water elements from DN of Landsat TM images and drawing the range of water quality produced a far more accurate pattern for a wide area than the direct measurement.

To display the pattern more clearly, the stretching technique in particular was very effective in the pattern analysis.

### 1. 서 론

고성군 거진읍 원당리 화포리에 있는 화진포호는 동해안 최북단의 자연호수로서 기암괴석이 신비의 극치를 이루고 광활한 호수주위에 울창한 송림이 병풍처럼 둘러쌓인 자연풍경이 수려한 곳이다.

그러나, 최근들어서 주변의 생활폐수, 인근의 축산 폐수 및 논에서 인(P)이 집중적으로 폐쇄성 수역으로 유입되어 수질오염은 큰 사회적 문제가 되고 있다. 이러한 수질오염 현상을 규명하기 위해서는 지속적으로 호수의 수질을 조사할 필요가 있다. 그러나 종래의 방법으로는 시간과 경비가 많이 소요될 뿐만 아니라 광범위한 지역을 관측하기에 어려움이 많다.

그러한 이유로 원격탐사 기술을 이용한 위성영상 분석은 보다 광범위하고 동시적이며 신속하게 지구상의 모든 대상물의 감시 및 분석을 가능하게 할 뿐 아니라 비용절감 및 미래의 예측까지도 가능하게 되었다. 또한 Landsat의 센서들 중에는 파장별로 물체를 감지하는 특성이 있어서 수질의 분포를 정확하게 확인해 낼 수 있는데 그 영상을 Color로 표현하는 것이 가능하다.

따라서 본 연구는 Landsat TM 영상자료를 이용하여 고성군 화진포호의 투명도, 수심, 표층수온의 수질인자 추출을 시도하고 그에 따른 수질분석 모델을 제시하여 화진포호의 수질분포도를 작성하여 수질오염을 감시하려는데 있다.

## 2. 조사 및 해석

### 2.1 현장실측

인공위성 Landsat가 관측한 1995년 10월 26일에 화진포 현지에서 관측지점을 선정하여 수질에 관한 자료를 수집하였다.

- (1) 대상수역 화진포호
- (2) 관측일시 1995년 10월 26일 오전 9시 5분~오후 2시
- (3) 관측항목 호수내 20개점에 대하여 투명도, 수심 및 표층수온 등의 3개 항목에 관한 수질자료

그림 1과 같이 20개 지점에서의 수질자료를 관측하였다

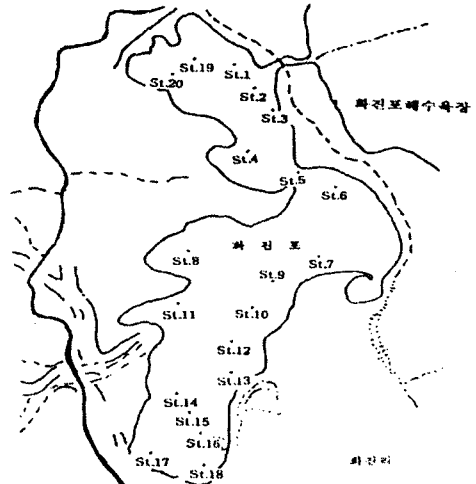


그림 1. 화진포호내의 관측정점

### 2.2 영상자료 처리과정

본 해석에서는 인공위성이 관측하는 시각에 화진포호 현지에서 수질에 대한 데이터를 수집해서 Landsat 자료와의 상관관계 해석을 행하였다. 호수내 20개 정점에 대해서 각 밴드와 수질에 대한 요소를 대응시켜서 상관계수를 계산하였다. 상관계수가 높은 것에 대해서 최소자승법을 이용하여 모델식을 구하였다. 그리고 각 지점에 대해서 수질에 관한 항목과 밴드간의 연산 값을 대응시켜서 그 상관을 단밴드의 경우와 같이 조사하였다. 이렇게 하여 얻어진 모델식을 이용해서 화진포호의 수질분포도를 작성하였다.

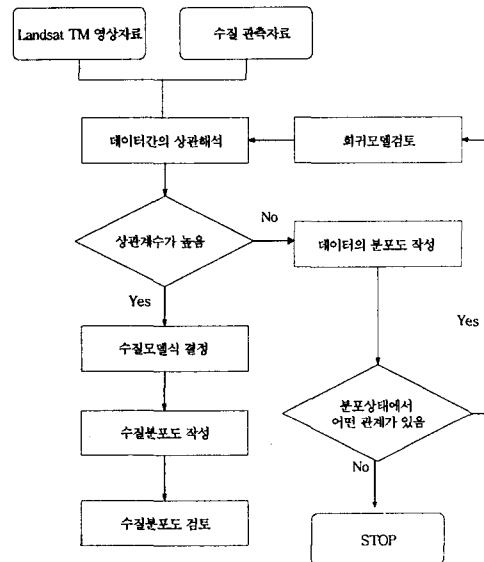


그림 2. 영상자료 처리 흐름도

### 2.3 Landsat 영상자료의 추출

본 연구에 사용된 Landsat TM 영상자료의 개요를 표.1에 나타내었으며 이 영상자료의 추출방법은 앞에서 언급된 20개 지점에 대응하는 Landsat TM 영상의 한 점을 결정해서 그 점과 주변을 둘러싼 8개 점, 총 9개점의 DN의 평균을 구하여 그 값을 DN으로 하였다.

이러한 방법으로 수질 관측정점에 대하여 각 밴드별로 DN을 얻었다.

표 1. 연구에 사용된 Landsat TM 영상자료

촬영일시	Pass-Row	위도	경도	Format	Band	구름
1995년 10월 26일	115-33	128°26' 28"	38°28' 10"	BSQ	1~7	0%

### 3. 해석결과

#### 3.1 영상과 수질 관측값 간의 단상관(單相關) 관계

표 2는 각 수질인자의 관측값과 Landsat TM 영상자료와의 단회귀 분석을 하여 얻어진 상관계수를 각 밴드별로 나타낸 것이며, 이 중에서 상관계수가 가장 높은 밴드 1의 투명도와 수심 그리고 표층수온의 관측값과 DN과의 상관도를 그림 3에 나타내었다.

표 2. 각 밴드와 수질인자 관측값과의 단회귀 분석결과

	투 명 도	수 심	표층수온
Band 1	0.9228	0.6792	
Band 2	0.2189	0.6012	
Band 3	0.2750	0.2733	
Band 4	0.0100	0.0100	
Band 5	0.0906	0.2885	
Band 6			0.9595
Band 7	0.4937	0.2975	

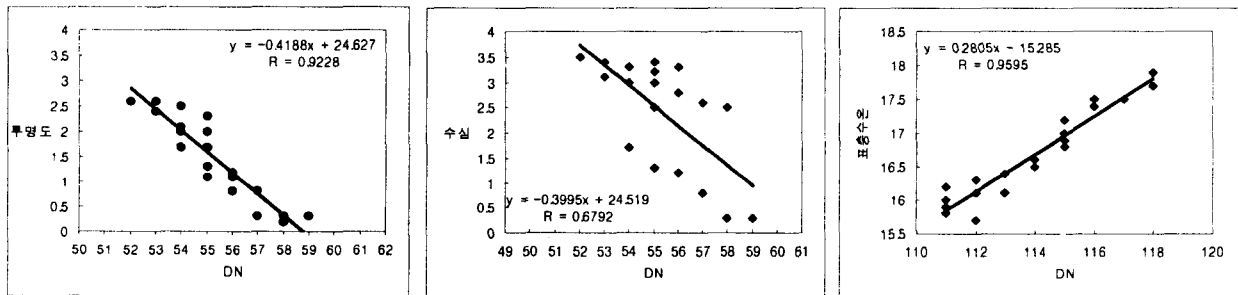


그림 3. 관측값과 DN과의 상관도

투명도의 밴드 1과 표층수온의 밴드 6의 상관계수 값이 크게 나타나므로 본 연구에서는 인공위성 영상의 DN을 이용하여 투명도와 표층수온 분포도를 작성할 때 그림 3의 나타난 변환식을 그대로 사용하였다.

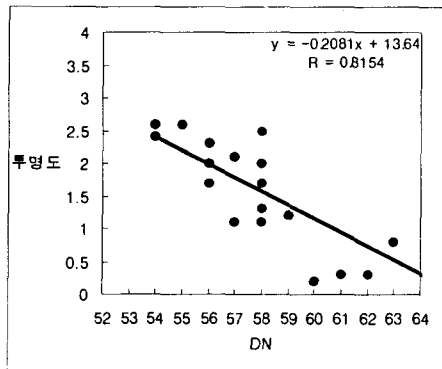
수심에서는 가장 높은 상관계수값이 밴드 1에서 0.6792로 나타났으나 중상관 해석에서 나타난 밴드 1+밴드 2의 상관계수 값보다 낮으므로 DN을 이용하여 수심 분포도를 작성할 때 중상관 해석에서 구한 변환식을 사용하였다.

#### 3.2 영상과 수질 관측값과의 중상관(重相關) 관계

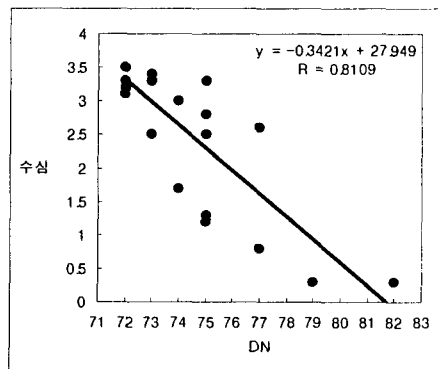
표 3은 각 수질인자의 관측값과 Landsat TM 영상자료와의 중회귀 분석을 하여 얻어진 상관계수를 각 밴드의 연산값 별로 나타내었으며 수질인자와 DN 연산값과의 관계에서 연산값 별로 상관계수가 가장 높은 투명도의 밴드 1 + 밴드 7과 수심의 밴드 1 + 밴드 2와의 상관도를 그림 4에 나타내었다.

표 3. 밴드별 연산값과 관측값과의 중회귀 분석결과

A,B	투 명 도				수 심			
	BandA- BandB	BandA+ BandB	BandA/ BandB	BandA×B andB	BandA- BandB	BandA+ BandB	BandA/ BandB	BandA× BandB
1,2	0.6971	0.7798	0.2452	0.5348	0.2093	0.8109	0.2627	0.7602
1,3	0.2895	0.6597	0.001	0.4238	0.1456	0.5403	0.0686	0.3793
1,4	0.7605	0.7996	0.1285	0.2145	0.5705	0.5773	0.0825	0.1304
1,5	0.6121	0.8054	2E-06	0.2000	0.6693	0.3521	0.2530	0.1929
1,7	0.3742	0.8154	0.6447	0.5244	0.3418	0.5606	0.2195	0.3282
2,3	0.0820	0.3159	0.1131	0.3262	0.1513	0.4653	0.0678	0.4428
2,4	0.1664	0.1685	0.0714	0.0825	0.4870	0.4350	0.2202	0.2186
2,5	0.0707	0.2364	0.0332	0.1304	0.5626	0.2015	0.4001	0.1543
2,7	0.3295	0.4666	0.4399	0.5017	0.1217	0.5190	0.2066	0.3693
3,4	0.2715	0.2427	0.2278	0.1718	0.2795	0.2332	0.1982	0.1755
3,5	0.1992	0.2867	0.0141	0.2869	0.3763	0.1054	0.3106	0.0480
3,7	0.0548	0.4488	0.4026	0.4870	0.0707	0.3501	0.1628	0.2938
4,5	0.0949	0.0911	0.098	0.1049	0.1145	0.2713	0.1326	0.2373
4,7	0.3943	0.4596	0.3959	0.4909	0.2766	0.2668	0.2441	0.3294
5,7	0.3397	0.3894	0.4856	0.4377	0.4512	0.0469	0.3888	0.1338



(밴드 1 + 밴드 7)



(밴드 1 + 밴드 2)

그림 4. 관측값과 DN 연산값과의 상관도

투명도의 경우 상관계수 R이 0.8154로 나타났으나 단상관 해석에서 나타난 밴드 1에서의 상관계수 0.9228보다 낮으므로 본 연구에서는 앞에서 구한 단상관의 변환식을 이용하여 분포도를 작성하였다.

그러나 수심의 경우 상관계수가 0.8109로 단상관 해석에서의 상관계수 0.6792보다 상당히 높았다.

따라서 본 연구에서는 인공위성 데이터의 DN을 이용하여 수심 분포도를 작성할 때 그림 4에 나타난 수심 변환식을 그대로 사용하였다.

### 3.3 TM 영상으로부터의 수질인자 추출

앞에서 언급한 변환식에 의해서 투명도, 수심, 표층수온을 추정할 수 있으므로 이 변환식을 이용하여 계산된 값과 현장관측 값에 대한 편차를 각각 구하여 나타 낸 것이 표 4와 같다.

그 결과 RMSE는 투명도에서 0.314m, 수심에서 0.608m, 그리고 표층수온에서 0.187℃로서 수심에서 가장 큰 편차를 나타내었고 표층수온에서 가장 적은 편차를 나타내었다. 편차가 생기는 이유는 현장 관측자료와 영상자료 사이의 시차차이에 의한 오차가 일차 포함되며 두 번째는 자료 취득시의 대기 중 습도와 기온에 따른 대기영향과 지형보정 과정에서 생기는 오차등이 포함된 것으로 생각된다.

표 4. 현장관측값에 대한 편차

관측정점	투명도(m)	수심(m)	표층수온(℃)
St. 1	0.71	-0.48	-0.31
St. 2	0.11	0.42	0.15
St. 3	-0.14	-0.62	-0.05
St. 4	-0.37	1.01	0.05
St. 5	0.04	-0.8	-0.11
St. 6	0.38	0.4	-0.03
St. 7	-0.01	-0.02	-0.43
St. 8	0.49	0.32	0.25
St. 9	-0.04	0.21	0.15
St.10	0.09	0.37	0.23
St.11	-0.46	1	0.09
St.12	0.17	-0.22	0.03
St.13	-0.03	0.42	-0.03
St.14	0.41	0.37	-0.09
St.15	-0.31	-0.93	-0.19
St.16	-0.25	0.18	-0.01
St.17	-0.29	-0.99	0.17
St.18	0.03	-0.99	-0.07
St.19	-0.49	-0.12	-0.17
St.20	-0.07	0.51	0.35
RMSE	0.314	0.608	0.187

#### 4. 수질분포도 작성

Landsat TM 영상 자료와 수질에 관한 상관해석을 하여 얻어진 변환식을 이용하여 화진포호 전 지역에 대한 투명도, 수심, 표층수온에 대한 영상분포도를 작성하였다. 인공위성 영상이 나타내는 전 구역에 대하여 적용하고자 연산을 하여 투명도, 수심, 표층수온을 환산하고 다시 이것을 영상으로 나타낸 것이 사진 1,3,5이다. 그러나, 이것은 변환식에 의한 호수의 투명도, 수심, 표층수온을 나타내기는 하지만 영상의 DN의 변화에 따른 투명도, 수심, 표층수온의 변화가 매우 미세하여 반영할 수 없으므로 이 분포 패턴을 보다 자세하게 보기 위해서 투명도, 수심, 표층수온 값에 100을 곱하여 소숫점은 없애고 최대값과 최소값 사이를 스트레칭하여 나타낸 것이 사진 2,4,6이다

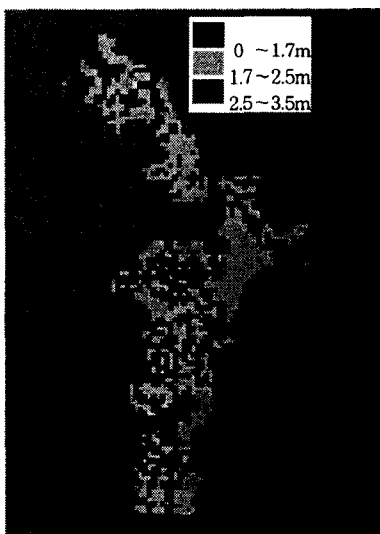


사진 1. 투명도 영상 분포도

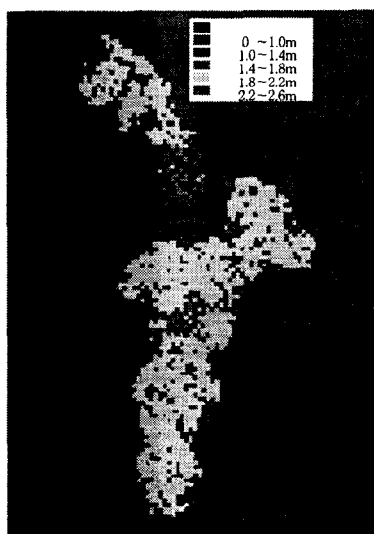


사진 2. 개선된 투명도 영상분포도

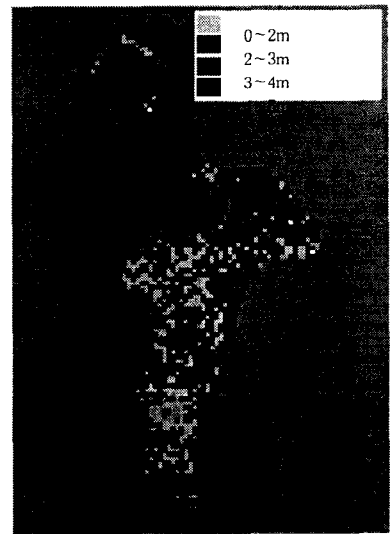


사진 3. 수심 영상분포도

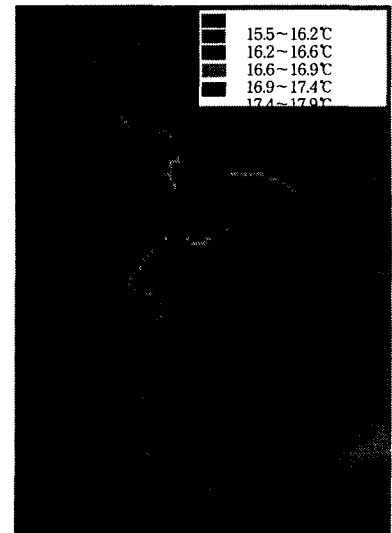
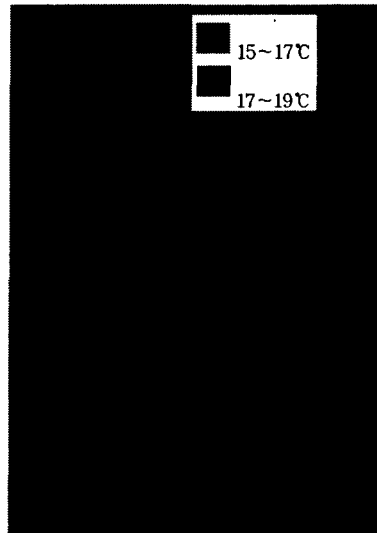
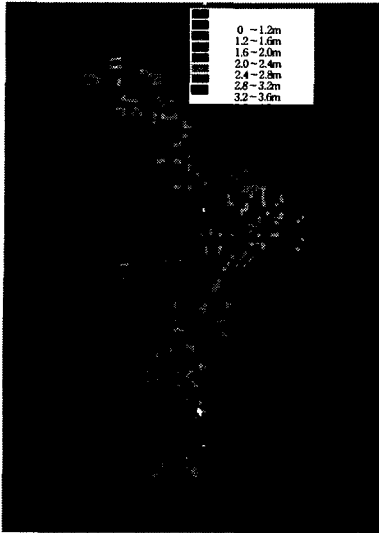


사진 4. 개선된 수심영상분포도      사진 5. 표층수온 영상분포도      사진 6. 개선된 표층수온영상분포도

이 사진에서도 알 수 있듯이 투명도, 수심, 표층수온의 패턴을 보다 상세하게 나타내기 위해서 스트레칭 기법을 사용하면 수질인자를 보다 상세하게 나타 낼 수 있다. Landsat TM 영상에서 DN을 추출하여 투명도, 수심, 표층수온을 각각구해서 영상분포도를 나타낸 것이 실측한 20개 지점에서 얻어진 값에 의해서 나타낸 영상분포도보다 정확한 패턴을 나타낸다는 것을 알 수 있었다.

## 5. 결론

Landsat TM 영상자료를 이용하여 화진포호의 수질분포도를 작성하여 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Landsat TM 영상을 중심으로 화진포 호수의 투명도, 수심, 표층수온을 추출하기 위한 변환식은 각각 투명도(m)=  $-0.4188 \times (\text{Band } 1) + 24.627$ , 수심(m)=  $-0.3421 \times (\text{Band } 1 + \text{Band } 2) + 27.949$ , 표층수온(°C)=  $0.2805 \times (\text{Band } 6) - 15.285$  였으며 이 때의 상관계수는 각각 0.9228, 0.8109, 0.9595로 높은 상관관계를 나타내었다.
2. Landsat TM 영상의 DN으로부터 투명도, 수심, 표층수온을 추출하여 변환식을 구성한 다음 영상 분포도를 작성하면 실제 관측하여 얻어진 값을 이용하여 나타낸 것보다 광범위한 지역에 대하여 훨씬 정확한 패턴임을 알 수 있었다.
3. 투명도의 차, 수심의 차, 그리고 표층수온의 차가 매우 미세하므로 패턴을 보다 상세하게 나타내기 위해서는 스트레칭 기법을 사용하는 것이 패턴분석에 매우 효과적이었다.

## 참고문헌

1. 유복모, 원격탐측, 개문사, 1995
2. 日本リモートセンシング學會, パンコソによるリモートセンシングデータ解析, 啓學出版, 1989
3. 양인태의 1인, 리모트센싱기법을 이용한 호소수질관리방안, 대한토목학회논문집, 1994
4. 김태근의 3인, Landsat TM 영상자료를 이용한 호소수질 관측, 한국지형공간정보학회 논문집, 1996
5. 後藤惠之輔 외 3人, 長崎縣・大村灣の水質監視と浄化に関する方策, 日本リモートセンシング學會 第17回學術講演會 論文集, 東京, PP. 21-24, 1994
6. 崔勝弼 외 2人, 人工衛星(MOS)データによる9119号 台風被害の追跡調査, 自然災害科學研究 西部 地域部 發表論文集, 1995. 1