

# 수역에서 분광반사특성을 이용한 최적밴드 결정

## Determination of the Optimum Band When estimate Using the Spectral Reflectance in the Water Area

박종선\* · 최승필\*\* · 최철순\*\*\* · 김성학\*\*\*

Park, Jong Sun · Choi, Seung Pil · Choi, Chul Soon · Kim, Sung Hak

### 요지

광범위한 지역의 자연환경 정보를 파악하기 위하여 위성 영상자료를 이용하는 것이 적합하지만 선행되어야 할 것은 이러한 위성영상자료를 이용하기 위한 지상에서의 내부 실험과 현장실험을 통한 기초적인 모델식을 만드는 것이 중요하다. 이를 위하여 위성영상자료와 실측수질인자들의 상관관계를 조사하는 것이 보다 정확하고 객관적인 평가 방법이 될 수 있다.

따라서 대기의 영향이 없는 실험실내에서 순수한 담수와 해수를 이용하여 Landsat ETM 영상자료의 어느 밴드가 클로로필a 농도파악에 적합한가를 평가하고자 하였다. 그 결과 밴드조합 중 가장 높은 상관관계를 보인 최적밴드는 담수에서 (B3-B4)/B2이고, 해수에서는 (B2+B4)/B3로 이 때의 상관계수가 각각 0.9747, 0.9892이므로 향후 이 밴드를 조합하여 위성영상 평가 시 사용하는 것이 유효할 것으로 생각된다.

### 1. 서론

호수 및 하천 등의 취수지역은 최근 영양염류의 과다한 유입으로 부영양화가 유발되어 오염이 심각한 실정이며 수중의 질소(N), 인(P)의 영양 염류 농도가 급속하게 상승하였다. 그 결과 식물 플랑크톤이 급속히 증가한 인위적 부영양화가 나타나게 되었다.

부영양화에 관련된 수질 인자로서 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소 요구량(COD), 용존산소(DO), 총질소량(T-N), 총인량(T-P), 투명도(SD), 클로로필a 등이 있지만 (Makarewics, 1993) 일반적으로 광합성색소는 300-500nm의 파장대에 있어서 전자파를 흡수하고 클로로필은 다른 색소가 그다지 흡수하지 않는 적색파장대(600-700nm)에서 최고의 흡광도를 나타낸다. (稻田勝美, 1984)

이와 같은 수역을 보전하기 위해서는 현재 상태의 수질등을 기상을 정확하게 파악한 영상자료가 필요하다. 일부 선진국에서는 광역수계의 수질관리를 위해 넓은 지역에 대한 동시관측과 동일지역의 반복관측이 가능한 위성 원격탐사기법을 도입하여 대상수역의 종합적인 수질상태를 신속하고 정확하게 파악하고 있다.

\* 관동대학교 대학원 토목공학과 박사과정

\*\* 관동대학교 토목교통공학부 교수

\*\*\* 관동대학교 대학원 토목공학과 석사과정

위성 디지털 데이터에 의한 클로로필a 농도 추정에 있어서 폭넓게 행해지고 있는 방법으로 가시파장대에서 근적외파장대에 상당한 2파장의 디지털자료의 비를 독립변수로 하여 클로로필 a 농도와의 회귀분석을 행하고, 클로로필a의 농도 추정모형을 작성하는 기법이 많이 사용된다.(作野裕司 등, 1999)

그런데 광범위한 지역의 자연환경 정보를 파악하기 위하여 것은 위성 영상자료를 이용하는 것이 적합하지만 선행되어야 할 것은 이러한 위성영상자료를 이용하기 위한 지상에서의 내부실험과 현장실험을 통한 기초적인 모델식을 만드는 것이 중요하다. 이를 위하여 위성영상자료와 실측수질인자들의 상관관계를 조사하는 것이 보다 정확하고 객관적인 평가 방법이 될 수 있다.

따라서 대기의 영향이 없는 실험실내에서 순수한 담수와 해수를 이용하여 Landsat ETM+영상자료의 어느 밴드가 클로로필a 농도파악에 적합한가를 평가하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 실험장치 및 장비

외부로부터의 빛을 완전히 차단한 암실에서 실험을 시행 하였으며, 광원은 노이즈를 최대한 줄이기 위하여 할로겐램프를 사용하였다. (全炳德, 1994) 또한 내부 바닥으로부터 발생하는 반사광의 영향을 없애고자 투명한 아크릴 대신 빛의 반사와 산란을 막을 수 있는 흑색 아크릴 판을 사용한 수조에서 분광반사계 FieldSpec® Handheld 를 이용하여 측정하였다. 측정파장대는 325nm~1075nm이며, 1nm간격으로 측정 하였다 또 이 분광반사계는 자체적으로 백색판을 기준으로 분광반사율을 계산한다.

그리고 분광반사율 측정은 수조의 수면으로부터 센서까지의 높이를 70cm, 측정 시야각을 10°로 설정하여 측정하였다. 측정에 사용된 분광반사계의 특징을 표1에, 실험장치 및 실험에 사용한 샘플용액을 그림1에 나타내었다.

표 1. 분광반사계 사양

Name	FieldSpec® Handheld
Spectral Range	325~1075nm
Sampling Interval	1.0 nm @ 325 - 1075 nm
Detectors	512 Channel
Input(Sight Angle)	Fixed 25° field of view. Optional fiber optic and foreoptics available(1°,10° )
Calibration	Wavelength, reflectance, radiance, irradiance.
Data Collection Rate (solar illumination)	0.7 spectra/second (solar illumination)

샘플 용액에서 클로로필a의 양을 측정하는데 쓰인 분광광도계 UVIKON 922를 그림 2에 나타내었다.

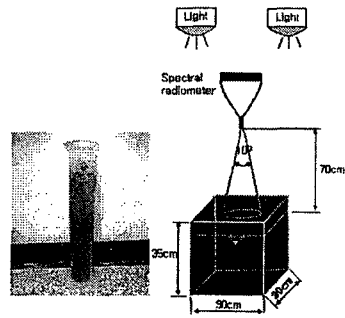


그림 1. 실험장치 및 샘플용액



그림 2. 분광광도계

## 2.2 실험 결과

담수와 해수에 있어서 클로로필a의 농도별 변화에 따른 파장별 분광 반사율을 그림 3에 나타내었다.

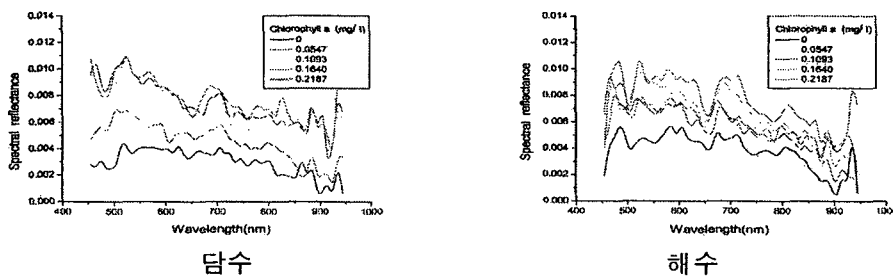


그림 3. 클로로필a의 농도 변화에 따른 파장별 분광 반사율

이 그림에서 파장대는 클로로필a의 농도가 상승함에 따라 분광 반사율도 상승한 경향을 나타내고 있으므로 분광반사율이 클로로필a의 농도 추정에 이용될 수 있는 가능성을 보여 주고 있다. 또한 660nm 및 780nm 부근은 인접한 파장대와 비교하여 분광 반사율이 낮고, 700nm 및 820nm 부근은 인접한 파장영역과 비교하여 분광 반사율이 높은 것을 알 수 있다.

Landsat ETM+ 영상자료에 해당하는 밴드별 분광 반사율과 클로로필a 농도와의 상관 계수, 회귀계수 그리고 이에 따른 표준편차를 표 2에 나타냈다.

표 2. Band별 상관계수, 회귀계수 및 표준편차

구분 밴드	담수			해수		
	상관계수	회귀계수	표준편차	상관계수	회귀계수	표준편차
band1(450~520nm)	0.9000	0.0299	0.0014	0.7260	0.0138	0.0013
band2(520~600nm)	0.9630	0.0264	0.0007	0.9672	0.0200	0.0005
band3(630~690nm)	0.9417	0.0179	0.0006	0.9126	0.0138	0.0006
band4(750~900nm)	0.9738	0.0200	0.0005	0.8860	0.0116	0.0006

밴드별 분광반사율과 클로로필a 농도와의 관계를 담수와 해수별로 그림 4에 나타내었다.

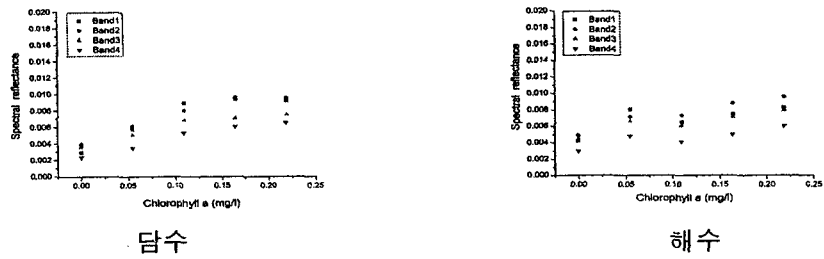


그림 4. 밴드별 분광반사율과 클로로필a 농도와의 관계

담수의 경우 클로로필a의 농도가 높아짐에 따라 분광반사율 값이 증가하는 양상을 보이는 반면, 해수에서는 클로로필a의 농도 0.0547 mg/l 에서 분광반사율 값이 담수와 비교하여 특이한 현상을 보였는데 이것은 이온조성이 다른 해수의 수질인자가 반사율에 영향을 끼쳐서 이러한 양상을 보여준다고 생각된다.

### 3. 모델 평가

#### 3.1 평가 방법

모델식을 1식과 같이 가정하고 비연산 조합을 이용하여 측정된 클로로필a와의 상관관계를 구하였다.

$$Chlorophyll (mg/l) = AX + B \quad (1)$$

여기서 A : 회귀계수, B : 절편, X : 독립변수

6가지 종류를 기본으로 하여 독립변수의 기본모델을 평가 하였으며 독립변수의 기본 모델에 다른 밴드별 조합에 의한 식수를 표 3에 나타내었다.

표 3. 밴드별 조합에 의한 식수

독립변수의 기본모델	밴드별 조합의 식수	독립변수의 기본모델	밴드별 조합의 식수
$\frac{Rband_i}{Rband_j}$	12	$\frac{Rband_i + Rband_j}{Rband_k}$	36
$\frac{Rband_i - Rband_j}{Rband_i + Rband_j}$	12	$\frac{Rband_i}{Rband_j - Rband_k}$	24
$\frac{Rband_i}{Rband_j + Rband_k}$	36	$\frac{Rband_i - Rband_j}{Rband_k}$	24
비 고		$i=1\sim4, j=1\sim4, K=1\sim4$	

#### 3.2 평가 결과

클로로필a 농도와의 상관관계가 높은 독립변수들 중에서 상관계수가 0.9600 이상 되는 값 중에서 2개의 밴드와 3개의 밴드를 이용한 독립변수별 통계자료를 각각 표4, 표5에 나타내었다.

표 4. 2개 밴드 조합을 이용 하였을 때 통계자료 (상관계수 0.9660 이상)

구분	독립변수(X)	상관계수(R)	회귀계수(a)	절편(b)	유의수준P
담수	B4/B3	0.9694	1.1002	0.6484	0.0064
	B4/(B3+B3)	0.9694	0.5501	0.3242	0.0064
	(B4+B4)/B3	0.9694	2.2004	1.2968	0.0064
	(B3-B4)/B3	-0.9694	-1.1002	0.3516	0.0064
	(B4-B3)/(B4+B3)	0.9691	0.7079	-0.2110	0.0065
	(B3-B4)/(B4+B3)	-0.9691	-0.7079	0.2110	0.0065
	B3/(B3+B4)	-0.9691	-0.3540	0.6055	0.0065
	B4/(B3+B4)	0.9691	0.3540	0.3945	0.0065
	B3/(B4+B4)	-0.9680	-0.9543	0.7635	0.0069
	(B3+B3)/B4	0.9680	-3.3172	3.0540	0.0069
	B3/B4	-0.9680	-1.9086	1.5270	0.0069
	(B3+B4)/B4	-0.9680	-1.9086	2.5270	0.0069
해수	(B3-B4)/B4	-0.9680	-1.9086	0.5270	0.0069

표 5. 3개 밴드 조합을 이용 하였을 때 통계자료 (상관계수 0.9600 이상)

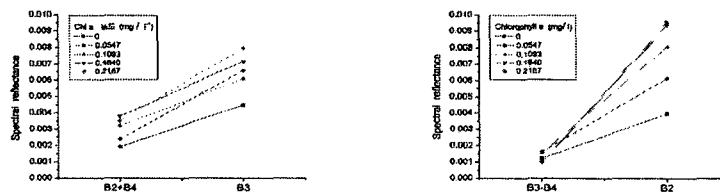
구분	독립변수(X)	상관계수(R)	회귀계수(a)	절편(b)	유의수준P
담수	(B3-B4)/B2	-0.9747	-1.0551	0.3110	0.0048
해수	(B2+B4)/B3	0.9892	0.9322	1.7671	0.0014
	B3/(B2+B4)	-0.9853	-0.2698	0.5654	0.0021
	B4/(B1-B3)	0.9613	136.9790	-7.9120	0.0091

2개 밴드 조합의 경우, 담수에서는 Band3 과 Band4의 조합으로 이루어진 B4/B3, B4/(B3+B3), (B4+B4)/B3, (B3-B4)/B3이고 이때의 상관계수는 0.9694로 나타났다. 반면에 해수에서는 2개 밴드 조합에서 B3/B2의 조합일 때 클로로필a 농도와의 상관계수가 제일 큰 값이 0.8411로 비교적 낮게 나타났기에 표에 제시하지 않았다. 3개 밴드 조합의 경우, 가장 높은 상관관계를 보인 것은 담수에서 (B3-B4)/B2이고 이때의 상관계수는 0.9747, 해수에서는 (B2+B4)/B3로 이때의 상관계수는 0.9892로 나타났다.

2개, 3개 밴드의 조합 중 가장 높은 상관관계를 보인 최적밴드는 담수에서 (B3-B4)/B2 였고 해수에서 (B2+B4)/B3로 이때의 상관계수가 각각 0.9747, 0.9892로 나타났다.

이 경우 유의수준(P)이 담수, 해수 모두에서 0.01보다 작은 값들인데 이것은 99%이상의 신뢰도를 보여준다고 생각된다.

담수와 해수에서 독립변수와 클로로필a 농도의 변화에 따른 가장 높은 상관관계를 보인 밴드간의 관계를 그림5에 나타내었다. 그리고 이들 밴드조합 중에서 상관관계가 가장 높은 독립변수 중에서 분자와 분모의 반사율 차이를 나타낸 것이 표6이다.



담수 (Band3-Band4 및 Band2)

해수 (Band2+Band4 및 Band3)

그림 5. 클로로필a의 농도 변화에 따른 밴드 조합 관계

표 6. 클로로필a의 농도변화에 따른 반사율 차이

독립변수		클로로필a 농도(mg/l)				
		0	0.0547	0.1093	0.1640	0.2187
담수	(B3-B4)-B2	-0.0027	-0.0045	-0.0065	-0.0084	-0.0086
해수	(B2+B4)-B3	-0.0026	-0.0042	-0.0028	-0.0034	-0.0044

담수에서 클로로필a의 농도가 증가함에 따라 밴드조합의 반사율차이 값이 감소하는 경향을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 해수에 있어서도 전반적으로 클로로필a의 농도가 증가함에 따라 반사율 차이 값이 감소하는 경향을 보이지만 0.0547(mg/l)부근에서 급격한 감소를 보여 준다

#### 4. 결론

수역에서 분광반사특성을 이용한 클로로필a의 농도를 추정하기 위하여 최적밴드 평가실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 2개 밴드 조합의 경우, 담수에서의 최적밴드는 Band3 과 Band4의 조합으로 이루어진 B4/B3, B4/(B3+B3), (B4+B4)/B3, (B3-B4)/B3이고 이때의 상관계수는 0.9694로 나타났다. 반면에 해수에서는 2개 밴드 조합에서 B3/B2의 조합일 때 클로로필a 농도와의 상관계수가 제일 큰 값이 0.8411로 비교적 낮게 나타났다. 3개 밴드 조합의 경우, 가장 높은 상관관계를 보인 최적밴드는 담수에서 (B3-B4)/B2이고 이때의 상관계수는 0.9747, 해수에서는 (B2+B4)/B3로 이때의 상관계수는 0.9892로 나타났다.

둘째, 조합 중 가장 높은 상관관계를 보인 최적밴드는 3개 밴드 조합인 담수에서 (B3-B4)/B2이고, 해수에서 (B2+B4)/B3로 이때의 상관계수가 각각 0.9747, 0.9892이므로 향후 이 밴드를 조합하여 위성영상 평가 시 사용하는 것이 유효할 것으로 생각된다.

#### 참고 문헌

1. 稻田勝美(1984), 光と植物生育—光選擇利用の基礎と應用—, 養賢堂, pp.79~81
2. 平田泰雅, 李雲慶, 澤田治雄(1993), 란드샷트 TM 데이터による中國タクラマカン 지역의植生狀況の把握, 第14回學術講演會論文集, 리모트 센싱學會, pp.59-62
3. 全炳德(1994), 데이트랄 카메라 似寄る大村灣の水質調査, (社)日本 리모트 센싱學會 第17回學術講演會論文集, 日本 리모트 센싱學會, A6 pp17~20
4. 作野裕司, 松永恒雄, 中山大介, 六川修一, 高安克己, 國井秀伸, 中村幹雄, 山室貴澄(1999), SPOT/HRV 데이터によるアオコ生時の道彦魯クロロフィルa濃度分布の推定. 日本 리모트 센싱 誌19-2 pp.20~36
5. Makarewicz, J. C. (1993), A lakewide comparison of zooplankton biomass and its species composition in Lake Erie, 1983~1987. Great Lake Res, 19(2). pp.275~290