

# 시화호와 연안해역의 부유사 분포 분석을 위한 원격탐사 알고리즘

정종철<sup>1</sup> · 유신재<sup>1</sup> · 김정욱<sup>2</sup>

## The Remote Sensing Algorithm for Analysis of Suspended Sediments Distribution in Lake Sihwa and Coastal Area

Jongchul Jeong<sup>1</sup> · Sinjae Yoo<sup>1</sup> and Jungwook Kim<sup>2</sup>

### 요 약

원격탐사기법에 의한 연안해역과 광범위한 수표면적을 지닌 호수의 부유사 분포를 파악하고자 하는 연구는 70년대 이후 위성자료의 이용이 활발히 이루어지면서 많은 연구결과들이 발표되었다. 하지만, 국내에서 원격탐사기법에 의한 부유사의 공간적인 분포를 정량적으로 해석하기 위한 연구는 부족한 실정이며, 적합한 알고리즘이 제시되지 못하고 있다. 본 연구에서는 시화호와 경기만 연안해역에서 실측한 부유사 자료와 SeaWiFS 밴드역을 가진 수중 광학장비에 의해 얻어진 반사치를 이용하여 부유사 알고리즘을 구성하였다. 또한, 알고리즘을 현장실측치가 있는 시점의 Landsat TM 자료를 적용하여 알고리즘의 적용에 따른 문제점을 제시하였다. 밴드비율과 밴드차에 의한 알고리즘 구성은 현장실측치와  $R^2=0.7649$ 의 관계를 나타내었고, 본 연구에서 얻어진 알고리즘을 통해 계산된 부유사와 실측치는  $R^2=0.6959$ 를 나타내었다. 하지만, Landsat TM으로부터 추출된 영상신호(radiance)를 알고리즘에 적용하여 얻은 결과는 만족하기 어려운 결과가 나타났고, 이는 엽록소와 용존유기물의 농도가 높은 수역에서는 부유사의 흡광과 산란에 의한 부유사 농도의 정량적인 평가가 어렵다는 것으로 해석되었다.

주요어: 부유사, 알고리즘, SeaWiFS, 연안해역

### ABSTRACT

The study for detecting suspended sediment distribution in Lake Sihwa, which has a large surface area and coastal area, using remote sensing technique was carried out with development of satellite data collected since 1970. The research, however, analysis of spatial distribution and quantity, is not common in domestic study and useful algorithms have not been proposed. In this study, a suspended

1999년 8월 13일 접수 Received on August 13, 1999

<sup>1</sup> 한국해양연구소 (jcjung@kordi.re.kr, sjyoo@kordi.re.kr) Korea Ocean Research and Development Institute  
<sup>2</sup> 서울대학교 환경계획학과 (kimjw@snu.ac.kr) Dept. of Environment Planning, Seoul National University

sediment algorithm was composed with in-situ data obtained in study area and remote sensing reflectance obtained in-water optical instrument, which has SeaWiFS wavelength bands. However, when the algorithm was applied to Landsat TM data, including an in-situ data set, and some problems arose. The composition of the algorithm which was structured with band difference and band ratio showed the correlation of  $R^2=0.7649$  with concentration of suspended sediments. And, between calculated and observed concentration of suspended sediments there was a correlation of  $R^2=0.6959$ . However, remote sensing reflectance obtained from Landsat TM is not good for the estimation of concentration of suspended sediments, because of high concentration of chlorophyll and CDOM(colored dissolved organic matter).

*KEYWORDS: Suspended Sediment, Algorithm, Seawifs, Coastal Area*

## 서 론

국내 서해 연안해역은 최근 송도 신도시 건설을 위한 매립공사와 영종도 신공항건설, 새만금간척사업 등 다양한 연안개발사업이 진행되고 있다. 이러한 연안개발사업은 많은 양의 토사를 연안해역으로 유입시키고 있으며, 토사는 연안 갯벌에 퇴적되어 연안생태계의 변화를 초래하고 있다.

본 연구는 연안해역에서 발생하는 부유사의 공간적인 분포를 원격탐사기법에 의해 정량적으로 해석하기 위한 알고리즘을 제시하고, 이를 Landsat TM 자료에 적용하여 서해 연안해역의 부유사 분포를 파악할 수 있는 알고리즘을 제시하는데 목적이 있다.

연안해역의 부유사 분포연구는 Landsat MSS(Multi-Spectral Scanner)와 SPOT HRV(High Resolution Visible)가 적용되어 왔는데, Harrington과 Schiebe(1992)은 MSS 밴드와 부유사의 실측치를 단순 선형회귀식을 적용하여 분석하였으며, Reddy(1993)는 실측치와 MSS 밴드의 다중회귀분석에 의해 연안해역의 부유사 분포를 정량적으로 해석할 수 있는 관계식을 제시하였고, Doerffer 등(1989)은 부유사를 정량적으로 해석하는데 있어서 발생하는 오차를 평가하였다. 또한, Mulhearn(1995)은 MSS를 이용하여 연안해역에서의 투명도를 정량적으로 해석하였다.

Braude 등(1995)은 SPOT HRV를 이용하여 연안 하구역의 수질을 평가하였으며, Huh 등(1996)은 SPOT HRV를 이용하여 연안해역의 부유사 분포를 다중채널센서와 비교하여 SPOT의 적용 가능성을 살펴보았다. 하지만, 국내 서해 연안해역은 낮은 수심과 조석의 영향으로 저층에서 재부유되는 부유사의 영향이 매우 크고, 육상에서 유입되는 용존유기물과 엽록소의 흡광에 의한 영향이 부유사를 정량적으로 해석하기 위한 알고리즘을 구성하는데 장애요인이 되고 있다. 따라서, 서해 연안해역의 수중 광학 특성을 파장별로 파악하여 반사치를 구하고, 반사치 밴드비율에 의한 경험식을 도출하였다. 본 연구에서 도출된 부유사 검출 알고리즘은 공간해상력에 있어서 연안해역의 관측에 적합한 Landsat TM 자료에 적용되었다.

## 연구방법 및 범위

본 연구의 공간적인 범위는 LNG 인수기지 사업과 시화방조제 공사가 완료되었고, 영종도 신공항 건설사업과 송도 신도시 매립사업이 진행되고 있는 경기만 지역이다. 그림. 1과 같이 시화호 15개 정점과 시화호 외해역 10개 정점에서 수중 광학 측정을 하고, 부유사, 엽록소, 용존유기물을 현장 실측하였다. 현장조사는 1997년 6월, 9월, 10월과 1998년 4월에 실시하였고, 위

성이 연구대상지역을 통과하는 AM 10시 30분을 전후하여 현장 조사하였다. 수중 광학 측정치는 SeaWiFS 밴드(412, 443, 490, 510, 555, 665 nm)의 6개 밴드영역에서 수표면에 유입되는 광량( $E_d$ ; downwelling irradiance)과 수면 위로 올라오는 광량( $L_u$ ; upwelling radiance)을 측정하였다. 수중 광학 측정치는 Mitchell과 Kahru (1997)가 제시한 식 (1)에 의해 각 조사정점에서의 반사치( $R_{rs}$ ; remote sensing reflectance)로 계산되었다.

$$R_{rs}(\lambda) = (0.54 \times L_u) / (1.04 \times E_d) \dots\dots\dots (1)$$

위성영상분석은 현장조사와 같은 시점의 Landsat 5 TM(path-row; 116-034, 태양고도 63°)을 획득하여 기하보정을 통하여 현장조사와 위성자료의 분석치 간에 비교가 가능하도록 현장조사 지점과 동일한 지점을 영상자료에서 찾아 영상신호를 구하고, 반사치를 계산하였다.

기하보정은 1:25,000 지형도에서 GCP를 정하고, 최근린법(nearest neighbor)을 적용하였다. 가장 가까운 거리에 인접한 화소의 값을 택하는 최근린방법은 원화상의 데이터를 변질시키지 않기 때문에 적합한 기하보정 방법으로 판단되었다. 또한, 조사정점의 위치를 파악하기 위해 GPS (TRAXAR, Motorola Co.)를 이용하였다.

TM 자료의 대기보정은 각 밴드별 히스토그램에서 최소값 구하여 각각의 픽셀에서 밴드별 최소값을 빼주어 대기산란의 효과를 제거하였다.

엽록소는 Balch 등(1996)의 방법을 응용하여 현장에서 채수한 시료를 Turner fluorometer (Turner Designs model 10)로 산화법에 의해 분석하였다. 부유사는 채수한 시료를 47 mm GF/F 여과지에 걸러낸 뒤 460°C에서 4시간 유기물을 태워 부유사를 정량하였다.

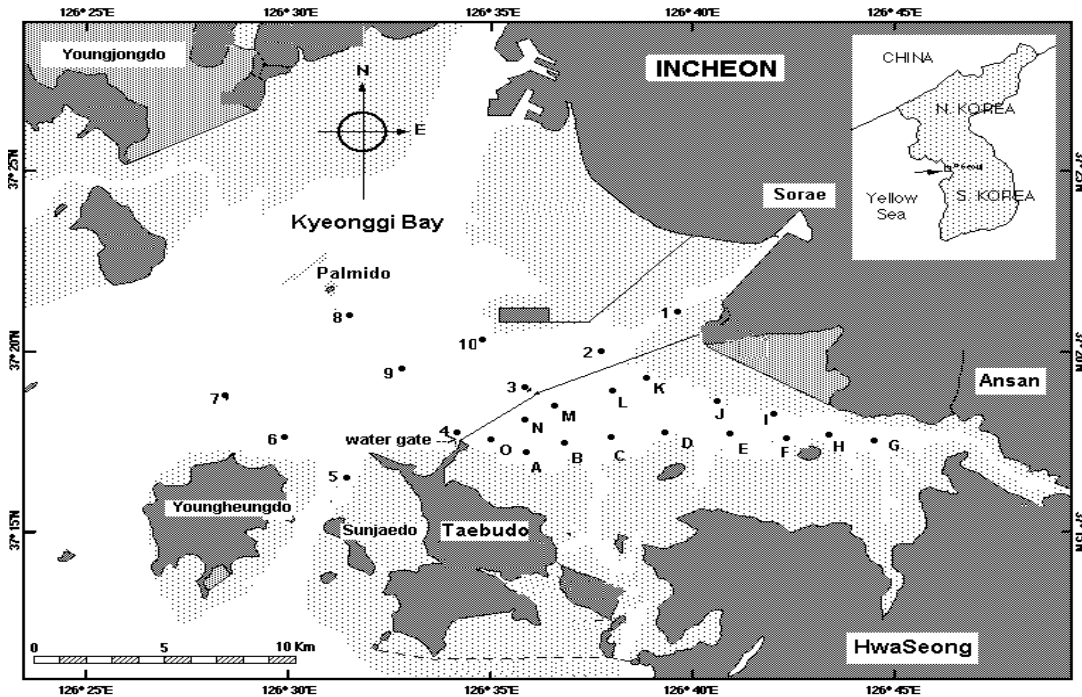


FIGURE. 1 Study area and sampling points

## 부유사 검출 알고리즘

원격탐사기법에 의해 연안해역과 육상의 호수에서 부유사를 정량적으로 해석하고자 하는 연구는 표 1과 같이 요약할 수 있다. 이러한 접근방법은 현장조사된 부유사 농도와 TM자료의 반사치와 DN(digital number)를 통계적인 밴드 비율 또는 단일밴드 값에 의해 분석한 것으로 조사지역의 수중 광학적인 반사치 특성을 파악하지 못하고 있으며, 밴드비율과 실측치의 비교에 의한 경험식으로 구성된다.

본 연구에서는 위성자료로부터 얻어진 밴드비율 경험식을 구성하기 이전에 수중 광학 측정된 반사치에 의해 각 조사정점에서 얻어진 현장실측치와 식 (1)에 의해 계산된 반사치로부터 부유사 알고리즘을 구성하였다.

## 결과 및 고찰

부유사의 정량적인 해석을 위해서 CZCS (Costal Zone Color Scanner) 알고리즘에서 제시한  $R_{rs}(555)$  밴드를 이용한 방법과 Stump와 Tayler(1983)의 연구에서 적색밴드를 적용하여 좋은 상관관계를 얻은  $R_{rs}(665)$ 밴드를 이용하여 그림 2와 그림 3의 결과를 얻었다.

Liu 와 Klemas(1988)는 부유사(Suspended Sediments)가 무기입자로서 농도가 증가함에 따라 반사치를 증가시키며, 이는 부유사의 흡광보다는 산란이 더 커서 부유사 농도 증가와 반사치가 선형적인 관계를 갖는다고 하였다. 그림 2의 결과와 같이 조사지역에서 나타난 반사치는 엽록소 농도에 의한 흡광의 영향을 받고 있다. 그림 2와 그림 3은 엽록소 농도에

TABLE 1. Calculation method of suspended sediments using TM data

Water body	No. of scenes	Data type <sup>1)</sup>	Atmospheric correction <sup>2)</sup>	Range (mg/l)	Spectral bands	Statistical technique <sup>3)</sup>	Authors
Green Bay Lake Michigan (USA)	4	$R_{rs}$	DP+1	1-33	3/1	LT-LR	Lathrop <i>et al.</i> (1991)
Green Bay Lake Michigan, Yellowstone Lake (USA)	3	$R_{rs}$	DP+1	1-33	3/1	LT-LR	Lathrop(1992)
Norfolk Broades(UK)	1	DN	No	10-61	1	LR,MLR	Baban(1993)
15 Lakes (Netherlands)	2	DN	No	1-44	2	LR	Dekker and Peter(1993)
3 Lakes (Netherlands)	3	DN	No	23-38	1	LR	Appelman <i>et al.</i> (1993)
16 Lakes (Netherlands)	2	DN	No	14-57	1-2-4	MLSR	Roeters and Buiteveld(1993)

1) DN: digital number,  $R_{rs}$ : reflectance

2) DP+1: Darkest pixel + 1 DN method

3) LR: Linear regression, MLR: multiple linear regression, LT-LR: log transformed linear regression, MLSR: multiple linear stepwise regression

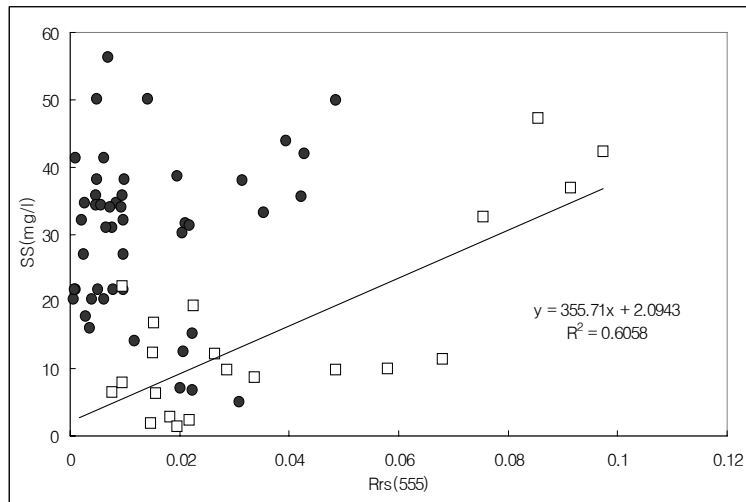


FIGURE. 2 Relationship between  $R_{rs}(555)$  and  $SS(mg/l)$   
 (●: concentration of chlorophyll-a  $\geq 10\mu g/l$ ,  
 □: concentration of chlorophyll-a  $< 10\mu g/l$ )

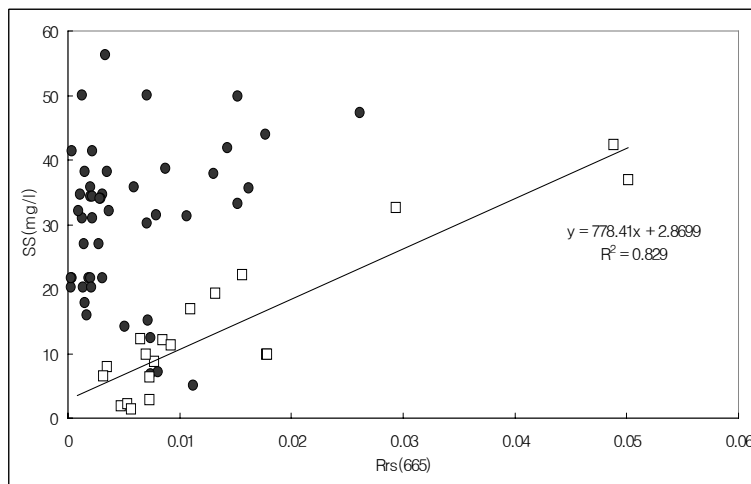


FIGURE. 3 Relationship between  $R_{rs}(665)$  and  $SS(mg/l)$   
 (●: concentration of chlorophyll-a  $\geq 10\mu g/l$ ,  
 □: concentration of chlorophyll-a  $< 10\mu g/l$ )

의한 반사치와 부유사 농도의 관계를 비교하여 엽록소 농도가  $10\mu g/l$  이상인 정점과  $10\mu g/l$  미만인 정점을 구분하여 제시하였고, 반사치( $R_{rs}(555)$ ,  $R_{rs}(665)$ )와 부유사 농도의 관계를 나타낸 것이다.

밴드별 반사치인  $R_{rs}(555)$ ,  $R_{rs}(665)$ 와 부유사 농도의 관계는 본 연구의 조사지역에서 엽록소 농도가  $10\mu g/l$  이하인 정점에서 얻어진 부유사와 반사치( $R_{rs}$ )가 선형적인 관계를 갖는다. 또한,  $R_{rs}(555)$  보다는  $R_{rs}(665)$ 에 의한 반

사치가 엽록소 농도  $10\mu\text{g}/\ell$  이하인 정점의 반사치와  $R^2$ 가 0.829를 나타내어 엽록소의 흡광에 의한 영향을 적게 받고 있다.

Liedtke 등(1995)은 원격탐사에 의한 부유사의 정량적인 해석으로 수질을 평가하는 연구를 수행하였으며, 부유사 농도가 높은 연안 해역에서 엽록소와 용존유기물의 흡광효과는 부유사를 정량적으로 해석하기 어렵게 한다고 평가하였다.

본 연구에서는 조사정점의 엽록소 농도를 비교하여 엽록소 농도가  $10\mu\text{g}/\ell$  이하인 정점들의 부유사 농도와 반사치 관계를 구분하여 제시하였는데, Tassan(1988)의 연구에서 얻어진 부유사 알고리즘은 엽록소의 농도 범위가  $0.1\sim 1.5\mu\text{g}/\ell$ 의 범위에서 얻어진 결과이며, 본 연구에서 TM 자료를 적용하고자 하는 시화호와 경기만은 엽록소 농도가  $0.19\sim 111.97\mu\text{g}/\ell$ 의 범위로 엽록소의 정량적인 차이가 크게 나타나고 있다. 결국, 그림 2와 그림 3에 제시한 결과와 같이  $R_{rs}(555)$ 의 0.04와  $R_{rs}(665)$ 에서 0.02의 반사치 이하에서는 엽록소의 흡광에 따른 영향으로 부유사의 정량적인 해석을 위한 산란 특성에 영향을 미치고 있다. Novo 등(1989)

은 부유사의 종류와 형태에 따른 반사치와 부유사의 농도에 따른 반사치를 비교하였는데, 그림 2와 그림 3의 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 부유사 농도  $10\sim 60\text{mg}/\ell$  범위에서  $R_{rs}(555)$ 는 0.04~1.1의 반사치와  $R_{rs}(665)$ 에서 0.005~0.07의 반사치를 나타내어, 본 연구의 반사치 범위와 일치하였다.

본 연구의 결과에서는 엽록소 농도가  $10\mu\text{g}/\ell$  이상인 조사정점에서 특히 부유사를 정량적으로 해석해내기 어렵기 때문에 엽록소의 흡광과 산란의 영향을 제거하고 부유사를 정량적으로 해석할 수 있는 부유사 알고리즘이 요구된다.

Topliss(1990)은 CZCS와 Landsat MSS의 밴드영역에서 부유사를 정량적으로 해석할 수 있는 알고리즘을 구성하기 위해 각 밴드의 반사치 특성을 고려한 밴드비율 관계식을 제시하였다. 밴드비율에 의한 부유사 정량 관계식은 그림 4의 결과와 같이 용존유기물과 엽록소 농도가 높은 지역에는 부적합한 것으로 나타났다.

Liu와 klemas(1988)와 Liedtke 등(1995)의 연구에서 단일밴드에 의해 부유사를 정량적으로 해석하려는 연구는 본 연구에서 그림 2와 그림 3에서 제시한 바와 같은 엽록소의 높은 농도로 인해 부유사를 정량적으로 해석하기

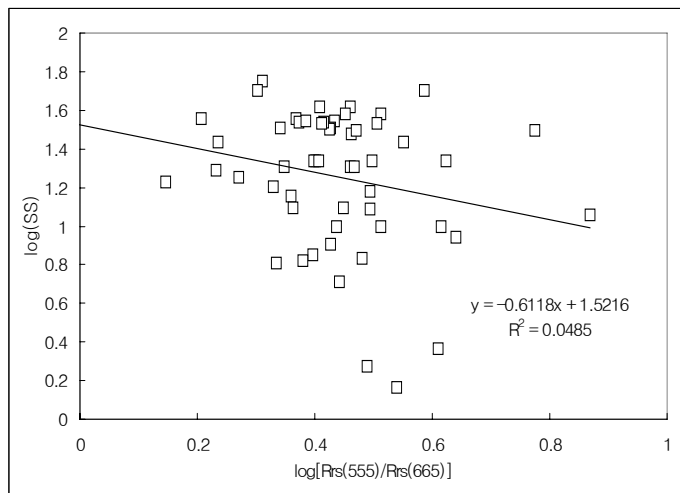


FIGURE. 4 Relationship between  $\log[R_{rs}(555)/R_{rs}(665)]$  and  $\log(SS)$

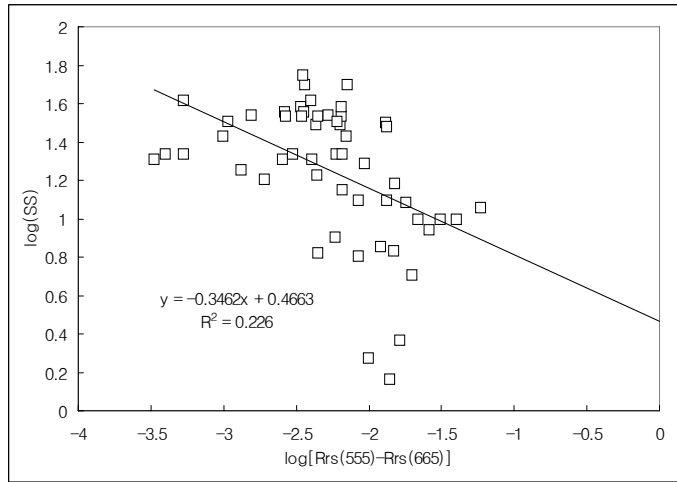


FIGURE. 5 Relationship between  $\log[R_{rs}(555)-R_{rs}(665)]$  and  $\log(SS)$

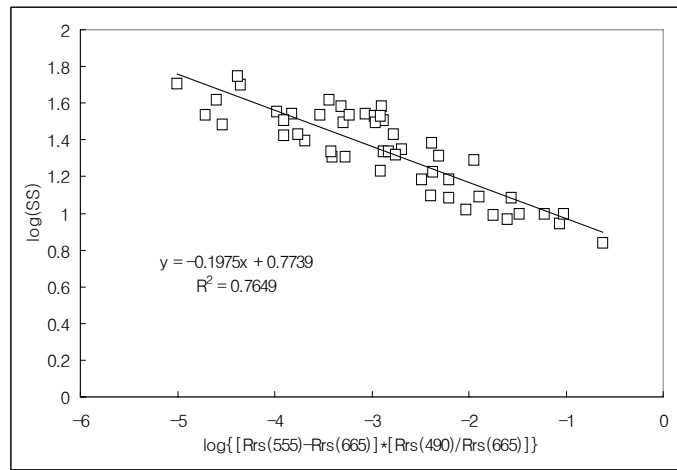


FIGURE. 6 Relationship between  $\log\{[R_{rs}(555)-R_{rs}(665)][R_{rs}(490)/R_{rs}(665)]\}$  and  $\log(SS)$  for SS detection algorithm

부적합하였다. 따라서, 부유사를 정량화하기 위해 엽록소 농도에 의한 흡광의 영향을 최소화하기 위한 관계식이 요구된다.

Tassan(1987)의 연구에서는 엽록소 농도  $0.1 \sim 17 \mu\text{g}/\ell$ 의 범위와 부유사 농도  $0.2 \sim 5 \text{mg}/\ell$ 에서 얻어진 엽록소 알고리즘을 제시하였는데, 시화호와 경기만의 엽록소와 부유사 농도 범위보다 낮은 농도의 조사지역에서 얻어진 결과이다. 또한, Mayo 등(1993)이 제시한 부유

사 알고리즘을 시화호와 경기만에 적용한 결과는 그림 5와 같다. Mayo 등(1993)의 관계식은  $R^2$ 가 0.226의 낮은 결과치를 보였다. 결국,  $R_{rs}(665)$ 에 의해 대기효과를 제거하고  $R_{rs}(555)$ 의 반사치로 부유사를 정량화하려는 알고리즘은 경기만과 시화호에는 부적합한 방법으로 판단된다.

엽록소 농도가 높을 경우 그림 2의 결과와 같이 부유사의 반사치가 부유사 농도 증가에

따라 선형적인 증가를 나타내지 못하기 때문에 본 연구에서는 Mayo 등(1993)의 관계식에서  $[R_{rs}(490)/R_{rs}(665)]$ 를 곱하여 엽록소의 흡광에 의한 영향을 제거하고 부유사를 정량화하는 관계식을 그림 6에 제시하였다. 다음 식 (2)는 본 연구에서 도출한 부유사 알고리즘으로 밴드비율 연산의 경험식이다.

$$\log(SS) = 0.7739 - 0.1975 \times \log\{[R_{rs}(555) - R_{rs}(665)] [R_{rs}(490)/R_{rs}(665)]\} \quad (R^2 = 0.7649) \cdot (2)$$

본 연구에서 얻어진  $\log\{[R_{rs}(555) - R_{rs}(665)] [R_{rs}(490)/R_{rs}(665)]\}$ 의 부유사 알고리즘은 수중 광학 측정에 의한 반사치와 실측치를 통계적으로 분석한 것으로 SeaWiFS 채널에서 얻어진

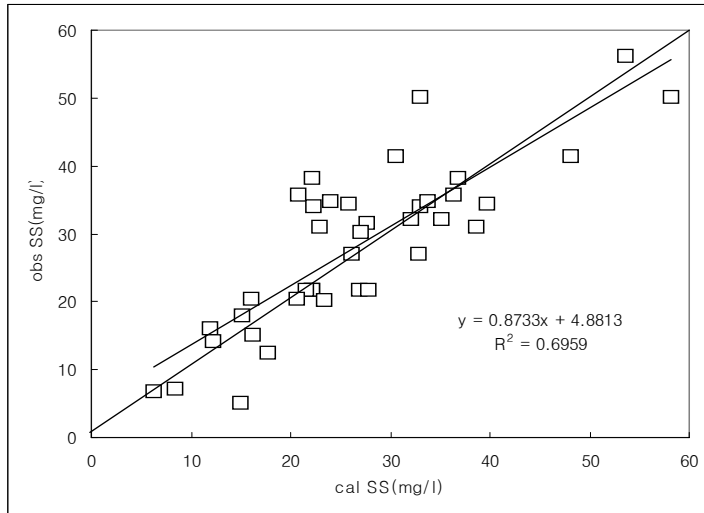


FIGURE. 7 Relationship between calculated SS and observed SS

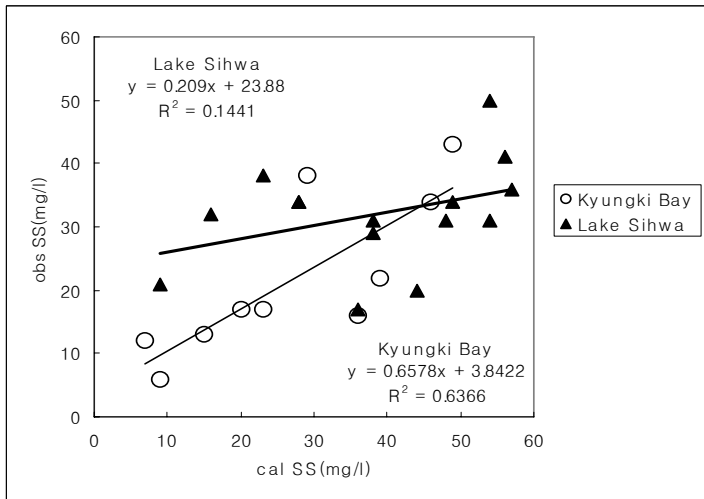


FIGURE. 8 Relationship between observed SS and calculated SS using TM data



관계식이다. 식 (2)의 관계식을 적용하여 현장에서 실측된 부유사와 수중 광학 측정에 의해 얻어진 부유사 알고리즘을 이용하여 계산된 부유사 계산치를 그림 7에 비교하였다. 부유사의 실측치와 계산치는  $R^2$ 가 0.6959를 나타내었고, RMSE(Root Mean Square Error)는 9.4328mg/ℓ을 나타냈다.

본 연구에서 도출된 부유사 알고리즘을 경기만과 시화호에 적용하기 위해서는 공간해상력과 분광해상력이 알고리즘을 적용하기에 적합한 위성자료가 요구된다. 분광해상력이 해석 센서(ocean color)에 비해 낮지만, 경기만과 시화호의 공간범위를 해석하기에 적합한 Landsat TM 자료에 식 (2)의 밴드별 반사치를 TM밴드의 중심밴드로 적용하였다.

그림 8은 TM 반사치에 의해 얻어진 부유사 계산치와 동일점의 실측치를 비교하여 제시한 것이다. 경기만 10 개 정점에서 얻어진 실측치와 계산치는 시화호에서 얻어진 15개 정점의 결과에 비해  $R^2$ 가 0.6366의 좋은 상관관계를 나타내고 있다. 반면에 시화호는 높은 엽록소와 용존유기물 농도에 의해서 부유사를 정량적으로 해석하는데 경험적인 밴드비율 알고리즘이 부적합한 것으로 나타났다. 또한, TM자료의 경우 밴드 폭이 넓어 밴드 2의 경우 520~600nm의 밴드영역을 가지므로 부유사를 정량적으로 해석하는데 오차를 나타내고 있다. TM자료에 의한 계산치와 부유사 실측치와의 RMSE는 13.45mg/ℓ를 나타내어 수중 광학 측정에 의한 부유사 알고리즘의 RMSE 9.4328mg/ℓ 보다 큰 오차를 나타냈다.

## 결론

본 연구에서는 경기만의 개발사업으로 인한 토사의 유출과 이에 따른 탁도의 변화를 위성자료를 이용하여 관측할 수 있는 부유사 알고리즘이 제시되었다. 경험식의 밴드비율 알고리즘을 도출한 본 연구의 결과는 공간해상

력과 분광해상력에서 조사지역에 적용 가능한 Landsat TM 자료를 이용하였고, 알고리즘을 통한 계산치와 실측치의 오차를 평가하였다.


경기만의 엽록소와 용존유기물의 흡광은 부유사를 정량적으로 해석하는데 오차를 발생시키는 요인이 되고 있다. 따라서, 이들 수중 구성물질의 흡광에 의한 영향을 제거하고 부유사의 반사특성을 이용한 알고리즘의 도출이 요구된다. 본 연구는 이러한 관계를 수중 광학 측정을 통해 밴드별 반사치의 특성으로 해석하고, 부유사 알고리즘을 도출하였다.

본 연구의 한계점과 향후 연구방향은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 도출한 부유사 알고리즘은 경험식에 의한 알고리즘으로 경기만과 시화호의 제한된 공간에서 적용가능하며, 다른 지역의 부유사를 정량적으로 해석하기 위해서는 알고리즘의 보정과 검증이 요구된다.

둘째, 용존유기물과 엽록소의 흡광과 부유사의 반사 특성을 정량적으로 비교할 수 없었기 때문에 이들 물질의 농도 범위에 따라 반사치의 변화가 다르게 나타날 것으로 예상된다. 따라서, 용존유기물과 엽록소 농도가 연안해역보다 높은 시화호의 부유사 분석은 연안해역보다 큰 오차를 나타내었다.

셋째, TM자료에 의한 부유사 알고리즘의 적용은 TM의 분광해상력이 해석센서에 비해 낮은 단점에도 불구하고 실측치와 계산치가 RMSE 13.45mg/ℓ를 나타내어 Landsat TM을 이용한 국내 연안해역 부유사 분포관측의 가능성을 제시할 수 있었다.

수중의 구성성분을 위성자료를 이용하여 정량적으로 분석하기 위해서는 대기산란에 의한 오차를 제거하여야 하는데 Landsat TM 자료를 연안해역 관측에 활용하기 위한 대기보정 방법의 제안이 요구된다. 향후 위성자료의 대기보정 문제를 개선한다면 수중 알고리즘에 의한 부유사의 정량적인 해석에서 오차를 감소시킬 수 있을 것이라고 판단된다. 

## 참고문헌

- Balch, W.M., K.A. Kilpatrick and C.C. Trees. 1996. The 1991 coccolithophore bloom in the central North Atlantic-I. Optical properties and factors affecting their distribution. *Limnol. Oceanogr.* 41(8):1669-1683.
- Braude, C., N.B. Yosef and I. Dor. 1995. Satellite remote sensing of waste reservoirs. *Int. J. Remote Sensing* 16(16):3087-3114.
- Doerffer, R., J. Fischer and C. Brockmann. 1989. Analysis of thematic mapper data for studying the suspended matter distribution in the coastal area of the German Bight (North Sea). *Remote Sens. Environ.* 28:61-73.
- Harrington, J.A. and F.R. Schiebe. 1992. Remote sensing of Lake Chicot, Arkansas : Monitoring suspended sediments, turbidity, and secchi depth with Landsat MSS data. *Remote Sens. Environ.* 39:15-27.
- Huh, O.K., C.C. Moeller, W. P. Menzel, L.J. Rouse and H.H. Roberts. 1996. Remote sensing of turbid coastal and estuarine waters: A method of multispectral water-type analysis. *J. Coastal Res.* 12(4):984-995.
- Liu, W.Y and V. Klemas. 1988. Quantitative analysis of distribution of suspended sediments in the Yellow river estuary from MSS data. *Geocarto International* 1:51-62.
- Liedtke, J., A. Roberts and J. Luternauer, 1995. Practical remote sensing of suspended sediment concentration. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 61(2):167-175.
- Mayo, M., A. Karnieli, A. Gitelson and Z. Benavraham. 1993. Determination of suspended sediment concentrations from CZCS data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 59(8):1265-1269.
- Mitchell, B.G. and M. Kahru. 1997. Algorithm for SeaWiFS standard products developed with the CalCOFI bio-optical data set. *SeaBAM Report*.
- Mulhearn, P.J. 1995. Landsat reflectivities versus Secchi disc depths. *Int. J. Remote Sensing* 16(2):257-268.
- Novo, E.M., J.D. Hansom and P.J. Curran. 1989. The effect of sediment type on the relationship between reflectance and suspended sediment concentration. *Int. J. Remote Sensing* 10(7): 1283-1289.
- Reddy, N.A. 1993. Remote sensing mapping of suspended sediments in Krishna Bay Estuary, Andhra, India. *Int. J. Remote Sensing* 14(11):2215-2221.
- Tassan, S. 1988. The effect of dissolved 'yellow substance' on the quantitative retrieval of chlorophyll and total suspended sediment concentrations from remote measurements of water color. *Int. J. Remote Sensing* 9(4):787-797.
- Tassan, S. 1987. Evaluation of the potential of the Thematic Mapper for marine application. *Int. J. Remote Sensing* 8(10):1455-1478. **KAGIS**