

연안적조관측을 위한 적조 알고리즘 비교

Comparison of Red Tide Algorithm for Coastal Red Tide Detection

정 종 철

남서울대학교 지리정보시스템공학과

Jongchul Jeong

Dep. Geoinformatics Eng. Namseoul University.

jcjeong@nsu.ac.kr

Abstract

국내에서는 매년 연안에서 발생하는 적조에 의해 많은 수산자원의 피해를 입고 있다. 이를 방재하기 위해 다양한 기술이 연구 개발되고 있으며, 원격탐사기법의 활용이 연구되어 왔다. 그러나 위성자료에 의한 연안해역에서의 적조관측은 시-공간적인 범위에서 많은 제약을 받고 있으며, 이로 인해 위성자료의 분석을 위한 적조 알고리즘은 국내외적으로 제시된 바가 매우 미약하다.

본 연구에서는 다양한 위성자료에 의해 관측된 적조의 패취를 구분하고 이를 정성적으로 분류해내기 위한 적조 알고리즘을 비교하였다. 특히 시-공간해상력에서 많은 차이를 가지고 있는 Landsat TM, AVHRR, SeaWiFS의 위성자료를 비교하여 관측주기가 다르고 분광해상력에서 차이를 나타내는 이들 위성자료를 이용한 적조 관측 알고리즘의 활용 가능성을 비교하였다. 분석된 결과를 바탕으로 국내연안에서 발생한 적조의 공간적 분포를 구분화하고 이를 현장관측 자료와 비교하여 분석결과의 정확도를 평가하였다.

I. 서론

우리나라에서는 1967년 남해안에서 적조발생이 보고된 이래 진해만, 사천만, 울산만 등에서 매년 적조가 발생되고 있다. 가까운 일본의 경우에도 연안과 내수면의 상당한 지역에서 적조의 피해를 입고 있는데, 특히 동경만에서의 적조는 매우 큰 피해를 나타내고 있다.

적조는 특정 종의 플랑크톤이 급격히 이상증식하여 물의 색이 변화되는 것으로 어패류의 질식사과 중독사에 의해 연안수산자원의 피해를 일으키고 있어서 이에 대한 모니터링과 방재기술의 개발이 요구되어 왔다.

국내에서도 선박에 의한 예찰과 항공기 활용, 비행선에 의한 관측 등 다양한 적조 관측의 방안이 논의되었으나, 대규모로 발생하는 적조의 공간적 분포를 파악하는 데는 많은 제약이 있다. 최근에는 위성영상에 의한 적조관측의 연구가 제안되었고, 해색자료에 의한 적조관측의 알고리즘 개발 등이 연구되었으나 구체적인 관측결과가 보고된 사례는 적다.

본 연구에서는 매년 국내에서 빈번히 발생하는 적조가 남해안뿐만 아니라 서해안과 동해 남쪽에서도 발생되고 있는 점을 고려하여 국내 연안에서 관측되는 적조의 발생을 위성자료에 의해 분석하는데 연구의 목적이 있다. 특히 발생한 적조의 관측기법을 제시하기 위해 적조관측에 요구되는 공간해상력과 분광해상력을 비교하여 중-저해상도의 Landsat TM, ETM, AVHRR, SPOT 위성자료와 OSMI, SeaWiFS, MODIS 등의 해색 위성자료에 의한 적조관측 활용 방안을 논의하고자 한다.

II. 연구방법 및 범위

본 연구의 공간적 범위와 시간적 범위는 서해안, 남해안, 동해안 일부 지역이며, 이들 지역의 Landsat TM, ETM, AVHRR, SPOT 위성자료와 OSMI, SeaWiFS, MODIS 등의 해색위성자료 중 적조 발생이 보고된 시점의 영상과 적조 발생 가능시점의 자료를 검색하여 이들 자료에 의한 적조관측을 수행하였다.

이들 자료의 분석 방법은 먼저 위성자료의 전처리 과정을 통해 방사보정과 기하보정을 수행하였다. 전처리를 마친 위성영상 자료는 현장관측에 의해 보고된 적조 발생 지역의 영상을 분류하였다. 또한, 적조 발생이 보고되지 않은 지역의 영상자료 중 적조 발생이 빈번한 8월부터 10월까지의 영상 자료를 분류하여 적조 관측의 검증을 위해 활용하였다.

본 연구에서 적용하고자 하는 적조 관측 알고리즘은 연안해역이 부유사와 용존유기물의 영향을 받아 엽록소 추출 알고리즘으로 분석하기 어려운 점을 고려하여 부유사와 용존유기물의 영향을 최대한 줄일 수 있는 방안으로 Stumpf and Tyler(1988)이 제안한 적색채널 알고리즘의 변형식을 적용하였고, Tassan(1987, 1993)의 연구에서 탁한 해역의 엽록소를 추출하는 알고리즘의 개선식을 찾아 국내 연안해역에 적용 가능하도록 수정된 식을 위성영상에 적용하였다.

III. 결과 및 고찰

위성영상에 의한 국내 적조 관측의 결과는 다음의 3가지 경우로 구분할 수 있다. 첫째, 적조는 연안에서 발생하는 종의 특성에

의해 적색, 적자색, 갈색, 황색, 백색, 녹색 등으로 나타나는데 이러한 플랑크톤 군집의 해수색 변화는 위성영상의 가시영역밴드에 의하여 관측된다. 즉 가시영역의 채널에서 RGB합성에 의해 연안의 표층에서 나타나는 적조의 분포와 모양을 구분할 수 있다. 그림 1은 1996년 6월 Landsat TM 영상으로 *Nocticula* 적조가 띠상의 구조를 가지고 발생된 사례이다.

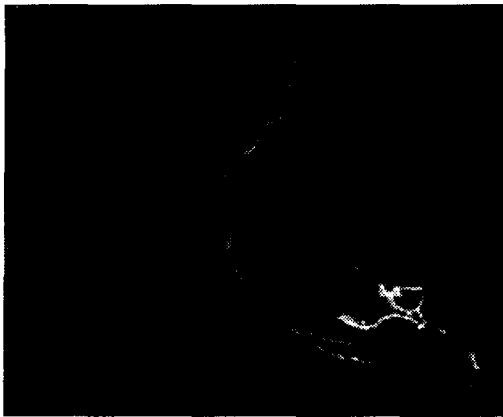


Fig. 1. 1996년 6월 Landsat TM(116-35)에 의해 관측된 *Nocticula* 적조가 바다 표층에 긴 띠 모양을 나타내고 있다.

적조가 그림 1과 같이 맑은 해역에서 발생하는 경우에는 관측이 쉽게 이루어질 수 있으나 탁한 해역에서의 적조는 부유사와 적조의 반사 특성이 상호 유사한 경우 적조만을 추출하는 기법이 요구된다. 본 연구에서는 두 번째 적조관측 방안으로 탁한해역에서의 적조관측을 위해 1995년 8월과 10월 AVHRR 영상을 적색밴드 알고리즘에 의해 처리하고 그림 2와 같은 적조의 분포를 관측하였다.

본 연구에서 적용된 적색채널 알고리즘은 Stumpf and Tyler(1988)가 AVHRR과 CZCS 자료의 간단한 대기보정으로 1981년과 1982년 봄에 Chesapeake Bay에서 적조를 관측한 방법인데, 근적외선과 적색밴드의

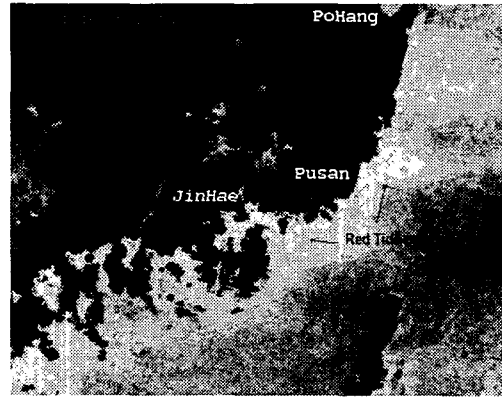


Fig. 2. 적색밴드 알고리즘 변형식에 의한 *Cochlodinium polykrikoides* 적조관측(1995년 10월 AVHRR)

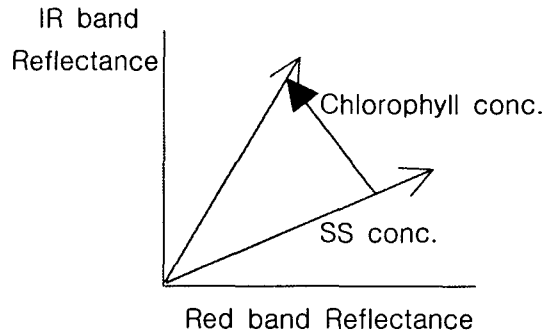


Fig. 3. 탁한해역에서 근적외선과 적색채널에서 나타나는 반사치 비교, 부유사가 증가함에 따라 반사치는 증가하며 이때 엽록소 농도가 증가한 지역의 픽셀은 근적외선 반사치 증가의 패턴을 나타냄.

반사 신호값의 차이에 의해 간단한 대기보정을 수행하고 그림 3과 같이 근적외선과 적색채널에서 나타나는 반사치의 구분에 의해 적조발생지역의 픽셀을 구분하였다.

적색채널과 근적외선 채널의 보정은 보정식을 적용하는 지역의 대기조건에 따라 에어로졸의 반사치 영향을 제거할 수 있는 보정계수의 산정과 해수면에서 얻어지는 반사치의 보정상수를 선정하는 과정에서 오차가 크게 발생하는데 이는 부유사의 반사치에 의한 영향이 적조발생해역에서 불균일한 부유사 농도의 분포로 차이를 나타내기 때문이다. 따라서 탁한 해역에서의 적조 픽셀을

추출하기 위한 방안이 제안되어야 한다.

SeaWiFS와 같은 해상센서의 적용은 연안 해역에서 AVHRR보다 우수한 민감도의 해상 정보를 획득할 수 있고 가시영역에 3개 이상의 채널을 가지고 있어서 이에 의한 적조 알고리즘의 개발이 용이하다. 하지만 국내 연안해역의 부유사는 앞에서 논의하였던 적색 채널 알고리즘과 같이 적조 픽셀의 추출에 있어서 부유사 반사치 신호의 영향이 크기 때문에 이의 제거방안이 요구된다.

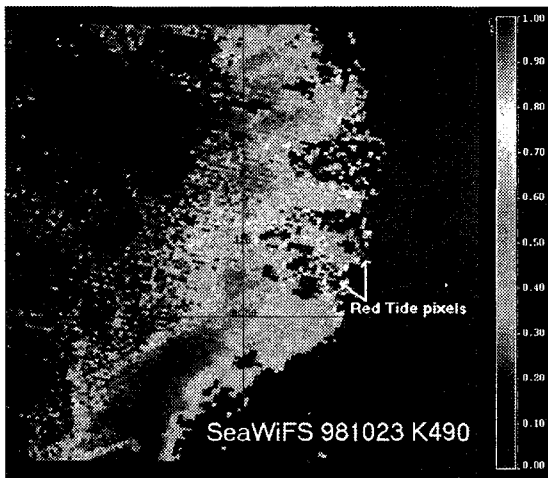


Fig. 4. 탁한 해역에서 부유사 픽셀의 영향을 제거한 후 추출한 적조 픽셀의 분포

그림 4는 SeaWiFS 자료에 의해 1998년 군산 앞바다에서 발생한 적조의 관측을 위해 적용한 방법과 그 결과를 제시한 것이다. 연구해역은 부유사 농도가 매우 높은 해역으로 엽록소 농도를 계산하는 알고리즘의 적용은 부유사 농도를 엽록소로 계산하여 나타내기 때문에 적조 발생지역을 구분하기 어렵다.

본 연구에서는 부유사의 반사값을 기준으로 하여 엽록소에 의한 빛의 소광정도를 계산하고 이를 통해서 탁한 해역에서 적조발생지역을 추출하는 계산식을 다음 식 1과 같이 적용하였다.

적용식의 추출결과는 적조발생 시점에 현장조사한 적조분포와 유사한 패취의 영역을

나타내고 있으나, 실제 적조해역보다 과대추정되어 적조가 발생하지 않은 해역이 적조 발생해역으로 나타나는 오류가 발생하였다.

$$K_{490} = 0.022(0.1 \frac{L_2}{L_5})^{-1.2996} \quad (\text{식 1})$$

Where, $x = \log_{10} [Rrs(490) / Rrs(555)]$

이는 부유사 농도가 높으면서 적조가 발생한 해역과 부유사 농도가 적으면서 적조가 발생하지 않은 해역과 부유사 농도는 낮고 적조도 발생하지 않은 해역의 구분에 의해 Rrs443과 Rrs490의 반사도가 Rrs555에 의해 구분지어 나타나기 때문이다.

본 연구에서는 이를 보다 정량적으로 구분하여 제시할 수는 없었지만 향후 해상센서의 활용을 통해 연안해역의 적조발생해역을 구분하고 이를 정량적으로 해석하기 위한 알고리즘을 개발하기 위해서는 본 연구에서 제안된 조건의 구분 알고리즘 적용이 타당함을 제안 할 수 있다.

IV. 참고문헌

- Bukata, R. P., Jerome, J. H., Bruton, J. E., and Zwick, H. H., 1981a, Optical water quality model of Lake Ontario. 1: Determination of the optical cross sections of organic and inorganic particulates in Lake Ontario, Applied Optics, Vol. 20, No. 9:1696-1703.
- Bukata, R. P., Jerome, J. H., Bruton, J. E., and Zwick, H. H., 1981b, Optical water quality model of Lake Ontario. 2: Determination of chlorophyll a and suspended mineral concentrations of natural waters from submersible and low

- altitude optical sensors, *Applied Optics*, Vol. 20, No.9:1704–1714.
- Gordon, H. R., Wang, M., 1994, Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS: a preliminary algorithm, *Applied Optics*, Vol, 33, No. 3:443–452.
- Gower, J. F., 1994, Red tide monitoring using AVHRR HRPT imagery from a Local Reseiver, *Remote sensing of Environment* 48,
- Stumpf, R. P., Tyler, M. A., 1988, Satellite detection of bloom and pigment distributions in Estuaries, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 24, 385–404.