

적조의 공간적 분포 특성과 해수온 변화 The Specific Character of Spatial Distribution of Red Tide and Sea Surface Temperature

정종철¹, 윤홍주², 서영상³

¹남서울대학교 지리정보시스템공학과, ²부경대학교 위성정보과학과, ³국립수산과학원

J.C. Jeong, H.J. Yoon, Y. S. Suh

요 약

본 연구에서는 한국 남해해역의 해양환경 중 해수표면온도의 변화와 *Cochlodinium polykrikoides* 적조의 시공간 분포가 밀접한 관련성을 가지고 있음을 파악하였다. GIS와 원격탐사기술은 한국 중남부해역에 적용되었고, 이 지역은 매년 하계에 적조가 최초로 발생 하는 지역이다.

해수표면온도를 포함한 적조의 이동 경향을 비교하기 위해 현장조사에 의한 적조 분포가 조사선에 의해 수집되어졌다. 또한, 적조의 위성영상과 해수표면수온 분포를 Landsat 위성자료를 통해 획득하였다. 위성자료에 의해 추정된 적조의 분포와 해수표면온도분포는 유사한 패턴을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 여름철에 한반도 남동부 연안해역에서 나타나는 적조의 분포와 이동경향은 이 지역의 해수온도 분포의 시공간적인 분포에 밀접한 관계가 있다.

주요어 : 적조, 해수표면온도, Landsat 위성 자료

I. 서 론

한국연안에서 적조발생시 1984년까지는 규조류, 와편모조류, 혼합종 등이 상호 우세하게 출현하였으나, 이후 와편모 조류의 적조 발생율이 높아져 1995년도에는 무려 92%를 차지하게 되었다 (국립수산진흥원, 1997). 이러한 와편모조류의 주종은 *Cochlodinium polykrikoides* 로서 1995년 이후 분포 양상이 고밀화, 장기화되는 경향을 보이기 시작했다 (국립수산진흥원, 1998).

그러나 *C. polykrikoides* 적조의 최초 발

생해역은 2000년을 제외하고 1995년부터 2001년까지 전남 고흥 나로도 부근의 특정 연안에 국한되었고, 발생시기가 비교적 일정하였다 (국립수산과학원, 2002). 한국 연안에서 유해종인 *C. polykrikoides*의 증식 조건에 알맞은 수질환경을 조성하는 주요한 인자로는 기온, 수온, 염분, 일사량, 일조시수, 영양염류, 강수량, 바람, 조류 등이 있다. 특히 기상인자 (기온, 강수량, 일조시수, 일사량, 바람) 등은 사전에 적조가 발생하는데 매우 중요한 인자로 작용한다 (Yamamoto *et al.*, 1997; Yoon, 2001).

또한, 해수표면의 온도가 적조의 공간적인 분포와 밀접한 관계를 가지고 있다.

하지만 적조의 발생시기와 적조의 발생 이후 적조가 확산되는 공간적인 분포는 현장 관측에 의한 분석으로 파악되고 있는 실정이다. 또한, 적조의 공간적인 분포와 확산의 연구에 GIS와 원격탐사 기술에 의한 적용은 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 이러한 적조생물의 확산기작에 대하여 해수면 온도인자는 어떠한 관계를 가지는지 알아보고자 하는데 목적이 있으며, 조사선에 의한 조사정점 관측방식의 자료를 위성영상과 GIS 자료로 비교분석하는데 연구의 초점을 두었다.

II. 연구방법 및 범위

본 연구에서 사용한 자료는 적조의 발생 지역에 대한 조사선 관측 자료를 벡터라이징하고 이를 속성자료와 연계한 자료(2001년, 2002년, 2003년의 국내 적조발생자료)와 Landsat 위성영상에 의해 적조의 공간적인 분포가 명확히 관측된 2001년 8월 적조분포자료이다.

적조의 조사선 관측에서 획득된 수온과 적조의 생물종, 밀도 등의 자료와 적조정보와 적조주의보 발령에 대한 기준 등이 본 연구에 적용되었다. 적조정보의 GIS활용에 대한 연구는 정종철(2004)에 의해 제안되었고, 적조와 관련한 속성정보들의 데이터 베이스 구축에 관한 연구가 발표되었다. 적조의 공간적 분포는 해수면의 조건과 적조의 군집밀도에 의해 이동과 확산의 속도, 방향 등이 이루어지고 이는 주변의 양식시설에 피해를 조기에 방제하는데 중요한 정보가 된다.

본 연구에서는 적조의 공간적 분포를 하루단위의 시간범위에서 매일의 적조 발생지역을 벡터 지도화 하였고, 이에 관련한 해수온도, 적조 밀도, 적조생물종 등의 속성정보를 GIS 시스템으로 구축하였다. 구축된 시스템은 Mapobjects2.1과 Visual Basic 6.0에 의해 시스템을 구조화하였고, 앞서 구축된 속성정보와 벡터 정보들을 검색 및 분석할 수 있는 모델을 설계하였다.

위성영상에 의한 해수표면온도의 변화는 NOAA AVHRR과 Landsat 열적외선 채널을 이용하였다. 사용된 위성영상은 적조의 발생이 명확히 나타난 2001년 8월 자료를 분석하였고, 조사대상 해역은 적조가 주로 발생하는 남해안과 동해 남부연안을 중심으로 하였다(Fig. 1).

III. 결과 및 고찰

한반도 연근해에서 적조의 발생분포 양상이 1995~2001년 동안 홀수 해(1995, 1997, 1999, 2001년)에는 대규모로, 짝수 해(1996, 1998, 2000년)는 소규모로 나타났다. 이러한 2년 주기 변동은 동중국해 북부해역 표층 전체의 수온, 염분 변동의 2년 주기 현상과 일치하였다. 이는 적도 상공에서 나타나는 2년 주기(Ebdon, 1960 ; Reed, 1960)

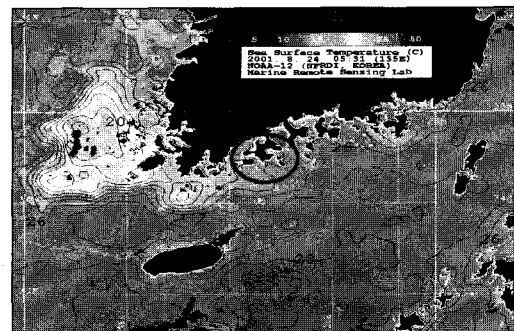


그림 1. NOAA AVHRR 자료에 의한 SST 분포로 2001년 8월 24일 해수온 분포.

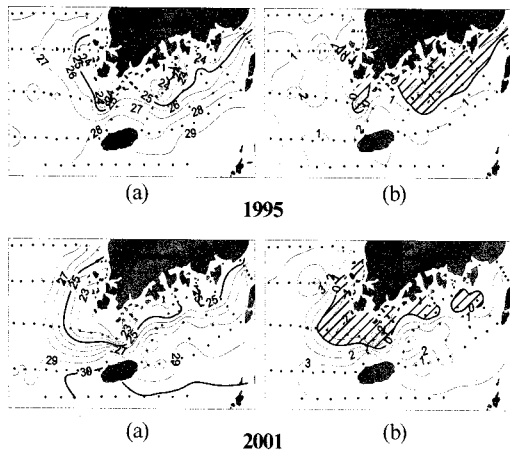


그림 2. *C. polykrikoides*이 대량 발생한 1995년과 2001년의 SST 분포와 수온의 변이

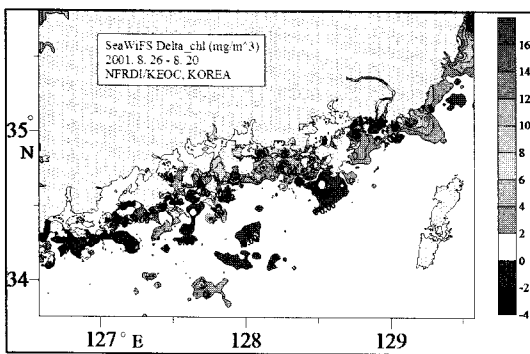


그림 3. 적조의 농도와 관계있는 클로로필 농도의 변이에 의한 적조 공간분포

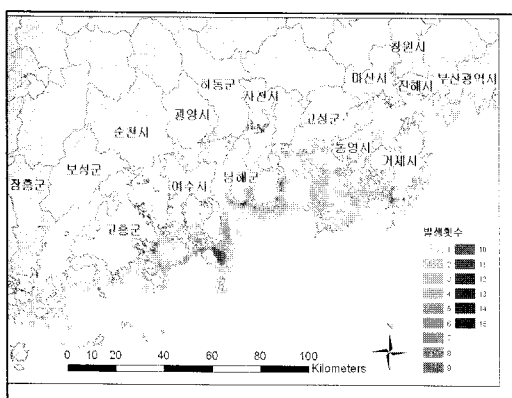


그림 4. 2002년 지역별 적조발생 현황

현상을 갖는 quasi-biennial oscillation (QBO)와 일치함으로 수온의 변화가 연안 적조 발생의 대규모화에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 해수온 분포와 적조의 공간적 분포

를 판단하기 위해 그림 1과 같이 NOAA AVHRR 자료에 의한 SST 분포로 2001년 8월 24일 해수온 분포를 파악하고, *C. polykrikoides*이 대량 발생한 1995년과 2001년의 SST 분포와 수온의 변이를 분석하였다(그림 2). 특히 그림 3과 같이 적조의 농도와 관계있는 클로로필 농도의 변이를 SeaWiFS 위성자료에 의해 2001년 8월 자료를 분석하고 이의 결과에 의한 적조 공간분포를 추정하였다.

국립수산과학원에서 적조속보로 제공하는 일일 적조발생지역에 대한 정보를 적조 밀도와 발생지역에 대한 폴리곤으로 공간 구분하여 그림 4와 같은 발생 현황을 추출하였다. 그림 5는 적조속보에 의한 적조 발생 분포지역을 제시한 것으로 본 연구에서는 같은 날의 위성영상에 의한 적조 분포를 공간적으로 구분하고 이를 해수온 분포와 비교하였다.

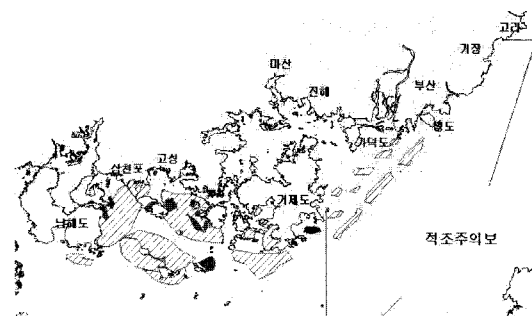


그림 5. 2001년 8월 26일 적조 속보에 의한 적조발생해역과 고밀도 적조발생지역(붉은 색)의 분포

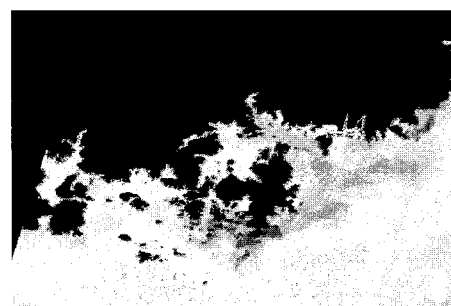


그림 6. 적조의 공간적 분포를 Landsat ETM+ 자료에 의해 추출한 결과

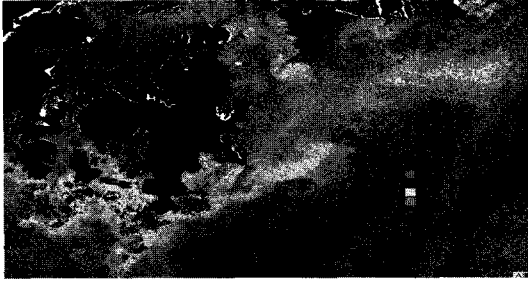


그림 7. Landsat ETM+ 자료에 의해 해수면 온도를 추출한 결과

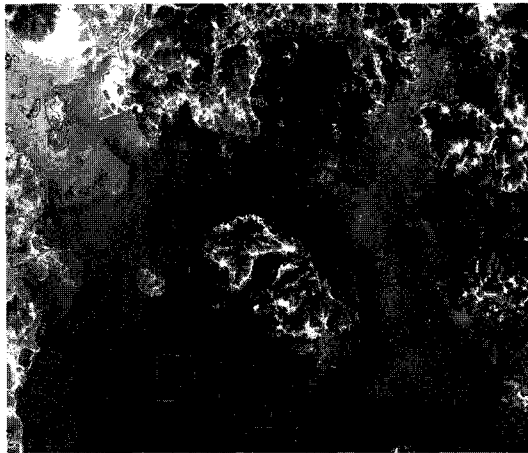


그림 8. Landsat ETM+ 자료에 의해 추출된 적조의 공간분포와 양식장 위치정보, 인공어초 위치정보의 공간적 분포.

그림 7은 Landsat ETM+ 자료에 의해 해수면 온도를 추출한 결과이며 거제도과 남해 연안에 적조 분포와 공간적 패턴의 유사성을 파악할 수 있다. 이러한 적조분포의 공간적 패턴은 해수온 분포와 연안양식시설, 인공어초의 위치 등에 대한 적지분석과 이들의 해양환경 관리에 중요한 인자로 활용 가능하다.

IV. 결 론

한국 연안은 전 해역에 걸쳐서 1995년부터 매년 적조생물이 발생한다. 특히 남해 중부 및 동부해역은 7, 8월에 상습발생 지역이다. 따라서 육상오염으로 인한 해양오

염의 방지가 중요하다. 기상인자 (기온, 수온, 강수량, 일사량, 일조시수, 바람)는 적조형성에 기여하며, 특히 수온 (기온)은 적조발생의 제한 인자로 작용한다. 수온의 분포와 적조의 공간분포 비교로부터 적조발생해역을 구분할 수 있다. 즉, 남해중부 및 남해동부 해역은 고밀도 적조발생 해역이며 남해서부 해역, 동해남부 해역은 저밀도 적조발생 해역으로 구분되는데 이러한 공간적 구분이 여름철 해수온 변화와 적조 발생의 중요한 상관을 나타낸다.

참고문헌

1. 국립수산과학원, 2002. 2000~2001년도 한국 연안의 적조발생상황, 국립수산과학원 적조자료집, 1~158.
2. 국립수산진흥원, 1994. 적조발생기구와 유독성 플랑크톤에 관한 연구. 국립수산진흥원 사업보고서. 117:130.
3. 국립수산진흥원, 1996~1998. 한국 근해 수온분포도 (1995~1997). 국립수산진흥원, 1999~2002. 한국 근해 해양정보 (1998~2001).
4. 국립수산진흥원, 1997. 한국연안의 적조. 국립수산진흥원 최근 적조의 발생원인과 대책, 1-280쪽
5. 국립수산진흥원, 1998~2002. 한국 해양환경조사 연보(1997~2001). 2~6권.
6. 국립수산진흥원, 1962~2002. 해양조사연보(1961~2001), 1~50권.
7. 국립수산진흥원, 2000a. 해양환경정보 총람. 해양수산부 국립수산진흥원, 1-346쪽
8. 국립수산진흥원, 2000b. 1999년도 한국연안의 적조발생상황. 국립수산진흥원 적조

- 자료집, 2:1-206쪽
9. Yamamoto, T. and Okai M., 1996. Statistical analyses on the relationships between red tide formation and meteorological factors in Mikawa bay, Japan, *Fisheries and Marine Research*, **60(4)**, 348-355.
 10. Yamamoto, T., Okai M., Takeshita K. and Hashimoto T., 1997. Characteristics of meteorological conditions in the years of intensive red tide occurrence in Mikawa bay, Japan. *Fisheries and Marine Research*, **61(2)**, 114-122.
 11. Yoon, Y. H., 2001. A summary on the red tide mechanisms of the harmful dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides* in Korean coastal waters, *Bull. Plankton Soc. Japan*, **48(2)**, 113-120.
 12. Yoon, H. J., Y. S., Kim, Y. H., Yoon and Kim, S. W., 2002. Study on satellite monitoring and prediction for the occurrence of red tide in the middle coastal area in the South Sea of Korea- I. The relationship between the occurrence of red tide and the meteorological factors, *Korean Ins. of Marine Information and Communication Sciences*, **6(6)**, 843-848.