
원격탐사를 이용한 한국 남해 중부해역에서의 적조 예찰 연구

I. 적조발생과 기상인자간의 상관성 연구

윤홍주 · 김영섭 · 윤양호* · 김상우

Study on 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

Hong-Joo Yoon · Young-Seup Kim · Yang-Ho Yoon* · Sang-Woo Kim

요 약

남해 중부해역에서 적조발생과 관련하여 기상인자와의 상관성을 요약하면 다음과 같다. 적조 다발월 비교에서 강수량이 적조 발생과 밀접한 상관을 보였다. 즉, 강수량은 육지 및 연안지역의 영양염류를 해역으로 유입시킴으로서 적조발생의 영양 공급원으로 중요한 역할을 한다. 이때의 기온은 대체로 적조 다발철인 여름과 초가을에 높은 값을 유지했다. 그러나 일조시수나 바람은 적조발생에 직접적인 연관성을 가지지는 않은 것으로 사료된다.

키워드

적조, 강수량, 기온, 바람, 일조시수

ABSTRACT

It is studied on the relationship between the occurrence of red tide and the meteorological factors(precipitation, air temperature, sunshine and winds) in the middle coastal area in the South Sea of Korea. In summer and early-fall which frequently occurred the red tide, the precipitation had directly influence on the occurrence of red tide because it carried the nutritive substances which originated from the land into the coastal areas. Then air temperature kept up generally high values, and sunshine and winds showed not directly the relationship on the occurrence of red tide.

Key words

red tide, precipitation, air temperature, sunshine, winds

1. 서론

본 연구 대상 지역은 한국 남해 중부해역에 위치한 여수 및 고흥 연안해역이다(Fig. 1).

현재까지 우리나라에서 적조에 대한 연구는 주로 생물학적인 연구가 많았으나(1,2,3), 적조와 기상과의 상관성에 대해서는 연구된 바가 없었다. 한편 기상인자와 관련해서는 일본해역에 한해서 발표된 바는 있으나(4,5), 우리나라 해역을 대상으로 한 연구는 본 연구가 처음이다. 따라서 본 연구는 적조발생에 직·간접적으로 영향을 미치는 기상인자들(강수량, 기온, 바람, 일조시수를 사용하여 상호간의 관계특성을 파악하였다. 여기서 사용한 자료들은 실제 관측자료를 사용하였고 일반적으로 적조가 발생하기 전에는 기온이 높고 풍속이 약하고, 강수량이 많을 것으로 알려져 있는데 실제적으로 본 연구 대상 지역도 그러한지 11년 간의 자료들을 사용하여 분석하였다. 그리고 전 조사기간에 걸쳐 적조가 6~9월에 발생하는데, 특히 2000년 8월과 9월을 중심으로 하여 이때 기상인자의 관계는 구체적으로 어떤 상관관계를 가지는가를 알아보는데 그 목적을 두었다.

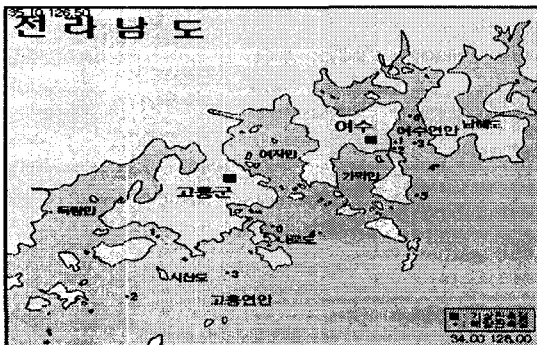


Fig. 1. Middle coastal area in the South Sea of Korea

II. 자료 및 방법

본 연구에서 사용한 기상자료는 기상청에서 제공하는 1990년 1월 1일~2000년 12월 31일까지의 기상연보 및 월보(6)를 사용하였다. 이때 사용한 기상인자로서는 기온(Air Temperature), 강수량(Precipitation), 일조시

수(Sunshine), 풍향(Wind direction) 및 풍속(Wind velocity)이다. 또한 2000년의 적조발생월을(6~8월) 중심으로 일 평균 최대 풍향·풍속 자료를 이용하여 장미도를 작성하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 적조발생 빈도 및 적조생물

Table 1을 보면 남해 중부해역의 1990~2000년까지의 적조발생 총 일수는 369일이며 11년 간의 평균 일수는 34일이고 특히 적조가 많이 발생했던 1995~2000년까지의 평균일수는 52일이었다. 이 기간 중 적조가 가장 많이 발생했던 해는 1996년의 92건으로 11년 간의 평균일인 34일의 약 3배 차이가 나타났고, 특히 관심을 보였던 2000년은 1990년에 대해 23배의 차이를 보였다. 그리고 1999년을 제외하고 매해마다

Table 1. Situations of occurrence of red tide during the studied periods

Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1											
2											
3											
4							4/8 -26				
5						◆4/7 -15	◆◆ 5/28 -31	5/20 -27	◆5/6 -27		
6		6/19			6/7	◆4/7 -15	◆4/28 -30		6/8 -30	◆6/9 -29	6/24 -29
7	7/5	7/19	7/27		7/5	7/27	◆7/1 -27	7/15 -30	7/2	7/6	◆7/5 -21
8	0		◆8/6 -24	8/16 -25	◆8/4 -10	◆8/22 -31	◆8/5 -26	◆8/5 -30	◆8/5 -31	◆8/13 -11	◆8/21 -11
9						◆9/2 -30	◆9/3 -23	9/6	◆9/2 -1	◆9/15 -11	◆9/1 -11
10				◆10/1 -22		◆10/1					
11											
12											

nbols present harmful red tide.

- ★ *Coccolodinium polykrikoides*
- *Cymnodinium mikimotoi(-sanguineum, -sp)*
- ◆ *Heterosigma akashiwo(-sp)*

적조발생 일이 증가하고 그 기간도 장기화되는 경향을 보였다. 또한 1992년을 기점으로 무해적조보다는 유해적조가 증가하는 추세를 보였으며, 유해적조가 남해 동부 해역에서 만성적으로 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 육지 및 연안으로부터 유입되는 영양염의 과부하 및 연안역의 산업활동에 따른 해양오염 등과 연계성을 가지는 것으로 보여진다.

2. 여수

2.1. 적조 다발년(多發年)의 기상특성

적조가 많이 발생했던 여수의 2000년의 연간 평균 기온은 14.3℃로 적조가 적게 발생한 1990년의 기온에 비해 0.5℃ 낮았으며, 1996년은 14℃, 1998년은 15.4℃로 나타났다(Fig. 2a). 연간 강수량은 2000년에 1238mm, 1998년에 1696mm, 1996년에 1155mm, 1990년에 1508mm로 각각 나타났다(Fig. 2b). 일조시수는 2000년에 2321시간, 1998년에 2164시간, 1996년에 2481시간으로서 1990년의 2156시간에 비해서 모두 높게 나타났다(Fig. 2c). 풍속은 2000년의 평균 풍속이 5m/s, 1998년에 4.7m/s, 1996년에 4.1m/s로 1990년의 풍속 3.9m/s보다 적조 다발년(多發年)의 풍속이 큰 값을 보였다(Fig. 2d).

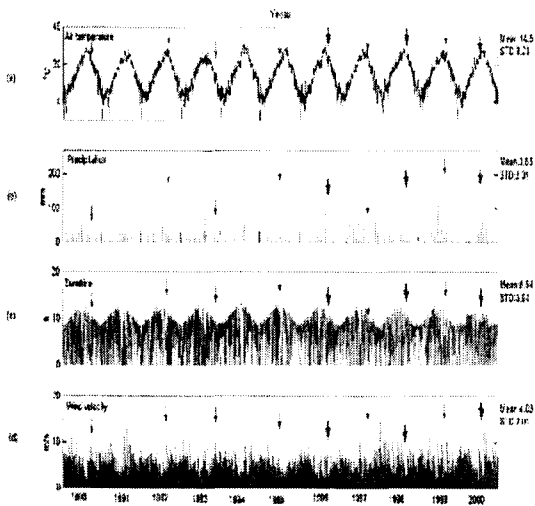


Fig. 2. Annual variations of meteorological factors, (a) air temperature, (b) precipitation, (c) sunshine and (d) wind velocity, respectively, in Yosue.

2.2. 적조 다발월(多發月)의 기상특성

Table 2는 적조 다발년(多發年)과 적조 소발년(小發年)에 대한 월별 기상특성을 나타낸다. 여기서 알 수 있는 것은 7~9월에 걸쳐서 발생하는 적조는 육상으로부터의 많은 영양염류를 가지고 해역으로 유입하는 강수량과 밀접한 관계를 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 여수해역의 적조발생 좋은 조건은 온도는 23.8~26.4℃, 강수량은 213~283mm, 일조시수는 187~198hours, 그리고 풍속은 3.1~3.8m/s일 때 좋은 환경을 가지는 것으로 보인다.

Table 2. Comparison of monthly meteorological characteristics between *the year which red tide frequently occurred and **the year red tide rarely occurred in Yosue

Factors		Periods (month, year)			
		air temp. (°C)	precip. (mm)	sunshine (hr)	wind velocity (m/s)
July	2000*	25	246	190	3.8
	1990**	24.9	160	194	2.6
Aug.	1998*	26.4	283	187	3.7
	1990**	27	220	230	2.7
July	1996*	23.8	213	198	3.1
	1990**	24.9	160	194	2.6

2.3. 2000년에 적조가 발생했던 시기의 기상특성

연구기간 중 가장 최근인 2000년에는 6~9월에 적조가 집중적으로 발생했는데 계절적으로 보면 여름과 초가을에 발생을 하였다(Fig. 2). 이때의 여수의 기상특성은 평균치에 비해 일조시수는 비슷하였고(Fig. 3c), 강수량과 기온은 매우 높게 나타났다(Fig. 3a와 3b). 특히 강수량과 관련해서 여수의 경우는 어떤 규칙성은 없으나 대체적으로 많은 비가 온 후에 적조가 발생하는 것을 잘 알 수 있다. 풍속·풍향은 여수에 대한 장미도에 나타났듯이 8월에는 주로 남풍계열과 북동풍계열이 우세하였다(Fig. 4). 이때 풍속은 8~9월에 걸쳐서 3.4~7.9m/s의 범위였다.

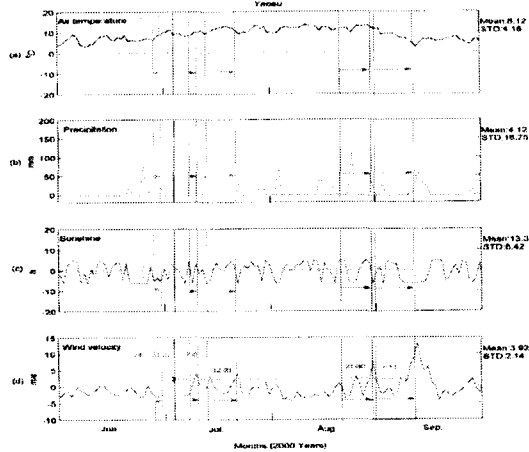


Fig. 3. Characteristics of meteorological factors on the month which red tide frequently occurred, 2000, (a) air temperature, (b) precipitation, (c) sunshine and (d) wind velocity, respectively, in Yosu.

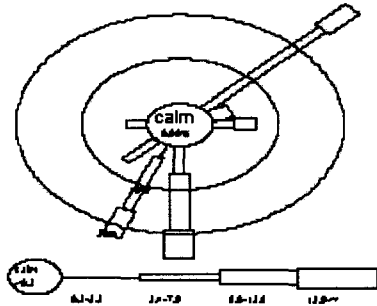


Fig. 4. Map of wind rose in Yosu, August, 2000.

3. 고흥

3.1. 적조 다발년(多發年)의 기상특성

적조가 많이 발생했던 고흥의 2000년의 연간 평균 기온은 13.3℃로 1990년의 기온 14.3℃에 비해 약간 낮았으며, 1996년과 1998년도 마찬가지로 13℃로 약간 낮았다(Fig. 5a). 연간 강수량은 2000년 1263mm, 1996년 1182mm, 1998년 1774mm로 1990년의 강수량 1469mm대해 1998년에 높게 나타났다(Fig. 5b). 일조시수는 2000년 1752시간, 1996년 2213시간, 1998년 2035시간이며 1990년의 일조시수는 2566시간으로 다른 해보다 짧게 나타났다(Fig. 5c). 풍속은 2000년의 평균풍

속 1.9m/s, 1996년 1.8m/s, 1998년 1.6m/s로 1990년의 풍속 1.5m/s보다 모두 높은 값을 보였다(Fig. 5d).

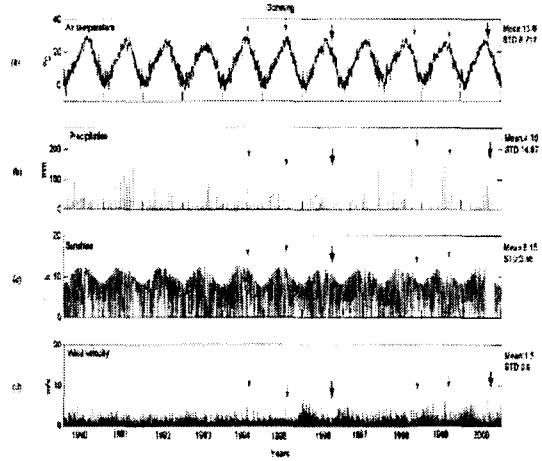


Fig. 5. Annual variations of meteorological factors, (a) air temperature, (b) precipitation, (c) sunshine and (d) wind velocity, respectively, in Goheung.

3.2. 적조 다발월(多發)시기의 기상특성

앞선 결과들로부터 여수와 고흥의 적조 발생은 봄에서부터 가을까지 발생하는 것을 알 수 있었는데, 특히 여름과 초가을에 집중적으로 발생하였다. 2000년 여수와 고흥의 적조 다발시기에 기온, 강수량, 일조시수가 모두 평균값에 비해 많았으며 1998년은 기온, 강수량은 많았고 일조시수는 약간 적었다. 1996

Table 3. Comparison of monthly meteorological characteristics between *the year which red tide frequently occurred and **the year red tide rarely occurred in Goheung

Periods (month, year)	Factors				
	air temp. (°C)	precip. (mm)	sunshine (hr)	wind veloc. (m/s)	
Sep.	2000*	19.7	230	230	1.7
	1996**	21	36	193	1
	1995**	21	42	148	1

년은 기온과 일조시수는 많았고 강수량은 적었으나 늦봄에 많은 강수량을 나타내고 있었다. 따라서 적조가 우호적으로 발생할 수 있는 기상조건은 여름과 초가을에 걸쳐서 기온이 19.7℃ 이상, 강수량이 230mm 이상, 일조시수가 230시간 이상 그리고 풍속이 1.7m/s 이상으로 각각 예상된다(Table 3).

3.3. 2000년에 적조가 발생했던 시기의 기상특성
고흥은 평균값에 비해 일조시수는 비슷하였고 (Fig. 6c), 강수량과 기온은 높게 나타났다(Fig. 6a와 6b). 강우와 관련해서 고흥은 여수와 달리 9월의 경우 비가 온 후 10~15일이 경과한 후에 적조가 발생하는 것을 알 수 있다. 풍속·풍향은 고흥에 대한 장미도에 나타났듯이 8월에는 주로 남동풍계열과 남서풍계열이 우세하였다(Fig. 7). 그리고 이때 풍속은 주로 3.4~7.9m/s의 범위였다. 여기서 알 수 있는 것은 이 두 지역에서의 많은 강수량과 높은 기온은 적조발생에 좋은 조건으로 작용하는 것으로 보여진다. 바람의 경우 풍향은 특별한 연관성을 가지지는 않는 것으로 보이나 풍속의 경우는 3.4~7.9m/s가 적조생물이 군집을 이루는데 어느 정도는 영향을 미치는

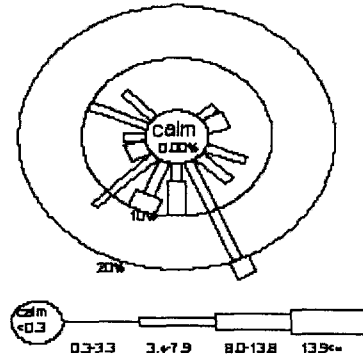


Fig. 7. Map of wind rose in Goheung, August, 2000.

것 같다. 그리고 일조시수는 적조 발생과는 상관이 없는 것 같다.

IV. 결론

남해 동부해역 (여수, 고흥)에서 적조발생과 관련해서 많은 강수량과 높은 기온 그리고 적당한 일조시수는 적조발생에 좋은 조건으로 작용하는 것으로 보여진다.

바람의 경우 풍향은 특별한 연관성을 가지지는 않는 것으로 보이나 풍속의 경우는 적조생물이 군집을 이루는데 어느 정도 영향을 미치는 것 같다. 따라서 남부해역에서의 적조발생에 좋은 기상학적 조건은 온도는 23~26.5 °C, 강수량은 213mm, 일조시수는 187~198hours, 그리고 풍속은 3.1m/s~7.9m/s일 때 좋은 환경조건을 가지는 것으로 보인다.

사사

본 연구는 기상청 기상지진기술개발사업 「국지기상 예측기술개발/연안기상 및 기후자료 이용기술 개발」 연구비의 지원에 의해 수행되었으며, 자료수집에 도움을 준 기상청, 기상연구소, 한국해양연구원, 국립수산물과학원 관계자 여러분께 감사드립니다.

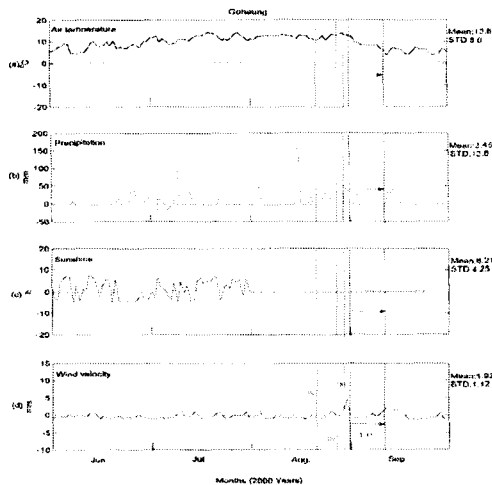


Fig. 6. Characteristics of meteorological factors on the month which red tide frequently occurred, 2000, (a) air temperature, (b) precipitation, (c) sunshine and (d) wind velocity, respectively, in Goheung.

참고문헌

- [1] Suh, y.-s., J. H, kim AND H - G. Kim, 2000, Relationship between sea surface temperature derived from NOAA satellites and Cocolodinium polykrikoides red tide occurrence in korean coastal waters. J. korean Envin su, soc. 9, 215~221.
- [2] 尹良湖, 2001, 韓國沿岸域における渦鞭毛藻, 赤潮の發生機構に關する一つの考察.日本 プラクトン學會報 第 48卷 第 2号 別刷.
- [3] 이영식, 박종수, 김성수, 전경암, 김영숙, 박중현, 백철인, 1999, 여수 돌산도 동부연안에서 담수유입에 의한 수질변화특성과 구조적조 발생, 국립수산진흥원연구보고, 57, 111~117.
- [4] 山本民次, 岡井 滿, 1996, 三河灣における 赤潮形成と氣象要因に關する統計的解析. 水産海洋研究 第 60卷 第4号 348-355.
- [5] 西村昭史, 河尻正博, 嶋村哲哉, 關 達哉, 1987, 第1回 漁業災害に關する研究座談會. 水産海洋研會報 第 51卷 第 1号.
- [6] 기상청, 1990~2000. 기상연보 및 월보.

저자소개



윤홍주(Hong-Joo Yoon)
 부경대학교 환경해양시스템공학부
 위성정보과학과
 1997년 위성원격탐사공학 박사(프랑스 Grenoble I 대학)

※ 관심분야: 위성해양학, 위성기상학, GIS, GPS



김영섭(Young-Seup Kim)
 부경대학교 환경해양시스템공학부
 위성정보과학과
 지구물리학박사(일본동경대학)

※ 관심분야: 위성환경학, 위성기상학



윤양호(Yang-Ho Yoon)
 1980년 제주대학교 수산학사
 1986년 Nagasaki대학 대학원 수산학석사
 1989년 Hiroshima대학 대학원 학술박사
 2002년 현재 여수대학교 해양 시스템학부 교수

해양수산부적조심의회위원 환경부 환경친기업 심사위원
 영산강유역환경관리청 사전환경성검토 및 환경영향평가 전문위원
 ※ 관심분야: 연안환경생태학



김상우(Sang-Woo Kim)
 1993년 부경대학교대학원 해양학과 졸업(이학석사)
 1998년 일본 북해도대학 수산학 연구과 졸업(수산학박사)
 1999-2000년 일본 과학기술청 과학기술진흥사업단 계산과학기술

연구원
 2000-2001년 일본 릿쇼대학 환경과학연구소 연구원
 2001-2002년 1월 여수대학교 해양수산연구정보센터 실장
 2002년 2월-현재 부경대학교 위성정보과학연구소 선임연구원
 ※ 관심분야: 위성원격탐사, GIS, 수산해양환경