

황토와 화학물질 살포에 의한 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* 제어에 따른 미소생물그룹의 단주기변화

백승호*

¹한국해양과학기술원 남해연구소

Short -term changes of microbial communities after control of *Cochlodinium polykrikoides* by yellow clay and chemical compound dosing in microcosm experiments

Seung Ho Baek*

¹South Sea Research Institute, Korea Institute of Ocean Science & Technology

요약 본 연구는 마이크로코즘에서 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides*을 살조하기 위해 사용된 화학물질과 황토의 처리 후 미소생물그룹의 단주기 변화를 파악하였다. 황토 4g 과 10g에서 적조생물의 살조효과는 20%이하로 낮게 관찰된 반면, 화학물질(TD49)의 0.8 μ M 에서는 대상생물이 85%이상 제어되었다. 미소생물그룹에서 박테리아는 모든 실험군에서 조사 1 일 후 현저하게 증가하였고, 2일 후 가장 높게 관찰된 후 점차적으로 감소하는 경향을 관찰하였다. 대조적으로 종속영양편모충은 조사 3-5일 경과 후 현저하게 높게 증가하였다. TD49처리군에서 박테리아가 2일후 점차적으로 감소한 것은 포식자인 HNF의 증가로 기인된 것으로 파악되었다. 또한 피각을 형성하지 않는 섬모충 *Uronema* sp.,의 증가는 박테리아의 증가 후 2-3일의 시간차를 두고 반응하는 특색을 관찰하였다. 즉 이는 적조생물이 살조된 후 분해되는 과정에서 박테리아의 현저한 증식을 일으켰고, 이와 함께 포식자 HNF와 *Uronema* sp.는 일정한 시간차를 두고 높은 개체수를 유지 한 것으로 판단되었다. 이와 같은 경향은 살조물질 TD49처리군에서 두드러졌다. 특히, 사이즈가 큰 무각섬모충 *Euplotes* sp. 개체수는 HNF와 *Uronema* sp.의 현저한 증가 후 높게 관찰되는 특성을 보였다. 결과적으로 살조제 TD49물질은 미소생물그룹에 긍정적인 효과를 가져왔고, 이는 박테리아, HNFs 섬모충으로 이어지는 먹이망의 에너지 흐름이 효율적으로 작용하고 있다는 것을 시사할 수 있었다.

Abstract This study aimed to understand the changes in microbial community after algicide dosing to control the fish-killing dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* in 10L microcosm. Based on our microcosm experiments, the algicidal activity for *C. polykrikoides* of yellow clay at the concentrations of 4g and 10g per 10 L was < 20%. At 0.8 μ M concentration of thiazolidinedione(TD49), the population of *C. polykrikoides* was controlled to be > 85%. In microbial community, a significant increase in heterotrophic bacterial (HB) abundance was observed at day 1 in the TD49 and yellow clay treatments including control. The HB remained high for 2 days and then gradually decreased. In contrast, the abundance of heterotrophic nanoflagellates (HNFs) increased significantly on days 3 and 5 in the TD49 treatments, indicating that the decline in HB was probably a result of predation by the high density of HNFs. In addition, fluctuations in the aloricate ciliate *Uronema* sp., which feed on bacteria, was clearly correlated with fluctuations in HB abundance, with a lag period of 1-3 days. Therefore, the short-term responses of the HNF and *Uronema* sp. may have been a result of the rapidly increasing of HB abundance, which is related to degradation of the dense *C. polykrikoides* bloom, particularly in the TD49 treatment. In addition, large aloricate ciliate *Euplotes* sp. was significantly increased after reproduction of HNFs and *Uronema* sp. Consequently, the algicide TD49 had positive effect on the microbial communities, which indicates that the microbial loop was temporarily enhanced in the microcosm by energy flow from HB through HNFs to ciliate.

Key Words : *Cochlodinium polykrikoides*, Bacteria, HNFs, Ciliate, Energy flow

본 논문은 미래창조과학부사업[M1071118001-08M1118-00110]과 KIOST주요사업 [PE99316]으로 수행되었음. 화학물질을 제공해 주신 조선대학교 조훈교수님과 연구에 많은 협조를 해 주신 김시욱교수님, 김영옥박사님께 진심으로 감사사를 드림.

*Corresponding Author : Seung Ho Baek (Korea Institute of Ocean Science & Technology)

Tel: +82-55-639-8510 email: baeksh@kiost.ac

Received January 13, 2015

Revised March 9, 2015

Accepted April 9, 2015

Published April 30, 2015

1. 서론

한국 남해안에서 적조를 유발하는 식물플랑크톤 중은 와편모조류의 한 종인 *Cochlodinium polykrikoides* 으로 1995년에서 2007년 사이 매년 높은 밀도로 출현하여 수산업에 치명적인 피해를 유발하였다[1], 2008년 이후 이들 생물에 의한 적조 발생빈도 및 규모가 급격하게 감소하였으나[1], 2013년 *C. polykrikoides* 적조가 재차 심각하게 발생하여, 수산업에 막대한 피해를 입혔다. 이들 적조생물은 초기 전남 고흥군 나로도 인근해역에서 6월 중순에 초기 발생하여 남서풍과 대만난류의 영향으로 점차적으로 남동쪽으로 확산되어 통영 거제 인근에서 막대한 피해(230억원)를 입혔을 뿐만 아니라, 동해로 확산되어 포항주변에서도 30억 규모의 피해를 주었다. 어류의 피해는 치어기준으로 단순하게 230억 정도의 피해로 추산되었으나, 성체 기준으로 판매되었을 경우 실제피해액 1000억 규모로 우리나라에서 발생한 적조 피해 사례 중에서 가장 큰 피해를 남겼다[Fig 1]. 이와 같은 광역에 걸친 적조의 경우 수산업 피해 이외에 해양생태계 및 연안 관광업 등에 직 간접적으로 피해를 유발할 수 있어 주의 깊은 경계가 요구된다.

이와 같은 적조로부터의 피해를 저감시키기 위해서 황토살포, 오존이용, 전해수 살포, 황산동, 과산화수소등 다양하게 적용되고 있다[2-5]. 하지만 남해안에서 발생하는 적조를 제거하기 위해서는 주로 황토를 살포해 오고 있으며, 이들 황토의 입자의 크기, 마그네슘과 철의 함유량 등에 따라서 살포효과가 크게 차이가 있는 것으로 확인 되고 있다[5]. 또한 황토에 포함된 인과 미량금속은 적조생물의 증식을 촉진시켜 적조범위의 광역화 및 장기화의 원인을 제공할 수 있다. 따라서 황토 살포에 따른 적조생물의 구제율을 명확하게 밝히는 것이 중요하며, 만약 황토의 구제효율이 현저히 낮을 경우 황토살포를 중지하거나 대체물질 개발이 시급할 것이다.

미소생물환이라는 신개념의 수계내 먹이망구조는 용존유기물을 중속영양박테리아가 이용하고, 또 그 박테리아를 중속영양편모류 (Heterotrophic Nanoflagellates, HNF)가 섭식하며, 그것을 다시 섬모충류에 의해 포식되는 새로운 에너지 흐름의 계를 총칭하며, 이들 구성원은 수서생태계에서 중요한 기능을 담당한다[6]. 특히 부영양화 수계에서는 빈영양수계보다 박테리아의 생물량과 생산량이 상대적으로 높고, 이는 플랑크톤의 먹이망 구조에 상당한 영향을 미치며, 상위생물의 생산성에도 영

향을 줄 수 있다.

본 연구는 마이크로코즘에서 적조생물 *C. polykrikoides* 을 살조하기 위해 사용된 화학물질과 황토의 처리 후 해양생태계에 미치는 미소생물환의 구성요소인 박테리아, 중속영양박테리아, 섬모충의 단주기 변화를 파악하여, 실제 현장에서 이들 물질을 적용하고 난 후 일어날 수 있는 해양환경 변화 및 미소생물 그룹의 역할을 살펴보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 적조구제물질

적조구제물질 Thiazolidinedione 유도체 TD49는 조선대학교 조훈교수로부터 제공받았다. 화학물질에 대한 제조하는 과정은 이전 연구에 의하여 구체적으로 묘사되었다[7]. 실험에 사용된 황토는 통영인근해역에서 살포하기 위해서 부두에 적재한 것을 이용하였다[Fig. 1 B 지역; 통영시 산양읍].

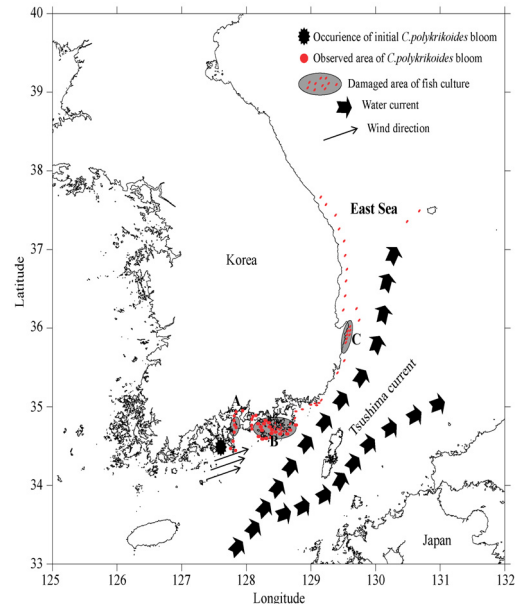


Fig. 1. Descriptions of the *Cochlodinium polykrikoides* bloom and fish culture losses that occurred in Korea during the June - August period, 2013. A total of USD \$27 million losses to fisheries occurred in the areas A, B and C, based on NFRDI (National Fishers Research and Development Institute) annual report [8].

2.2 마이크로코즘실험

실험에 이용된 해수는 적조발생현장(경남 거제)에서 채수한 해수와 적조가 발생하지 않은 해역의 해수를 1:1로 희석하였다. 일반적으로 적조가 발생한 해역의 해수를 인위적으로 실험실로 운반할 경우 1일 경과 후 적조생물이 모두 사멸하는 경향이 강하다. 이와 같은 적조생물의 급격한 사멸을 방지하기 위해서 적조가 발생하지 않은 해역의 해수로 일정량 희석함으로 적조생물을 일정기간 생존을 지속시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서도 이와 같은 점을 이용하여 황토추출물(해수 20L에 황토를 500g 넣고 2주일간 암조건에 보관 후 상등액을 GF/F로 여과하여 사용함)을 일정량(1 L/10 L) 첨가한 마이크로코즘 실험을 수행하였다.

실험은 대조군을 포함하여 TD49 처리군(0.4 μM 와 0.8 μM), 황토처리군 (4 g / 10L과 10 g / 10L)과 더불어 TD49와 황토를 혼합한 처리군(0.4 μM TD49 + 4 g / 10L)으로 구분하여 10 L 규모의 마이크로코즘에서 2배수(duplication)로 평가하였다. 모든 실험은 12 L 투명 플라스틱 케이지에 F/20배지가 포함된 10 L를 해수를 채워, 항온 실험실(room)에서 수온이 22°C 와 염분 32.5 psu, 광조건 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (12h:12h light:dark cycle) 하에서 처리 물질을 투입 후 초기 3일까지는 12시간 간격으로, 그 후부터 2일 간격으로 미소생물 그룹을 평가하였다. 수온, 염분, pH, 용존산소는 YSI측정기 (Professional Plus multi-parameter meter)와 pH측정기로 각각 측정하였다.

2.3 미소생물분석

미소생물 그룹에 해당하는 박테리아 생물량은 0.2 μm membrabe filter (Millipore; Black)를 이용하여, 고정된 시료를 잘 혼합 희석하여 일정량(0.5-2 mL)을 취해 여과 후 DAPI(4',6-diamidino-2-phenylindole)로 5분간 염색하여 형광현미경(Axioplane, Zeiss)으로 1000배 하에서 검경 및 계수하였다. 각 샘플은 임의의 field에서 총 세포수가 600개 이상 계수하여 그에 해당하는 field 수가 전체 field 수에 해당하는 부분을 환산하여 총 박테리아의 생물량을 산출하였다[11]. HNF의 생물량은 2 μm membrabe filter (Millipore; Black)를 이용하여, 고정된 시료를 일정량 (10-30 mL)을 취해 Primulin 염색 후 1000 배 하에서 계수하였다[12]. 섬모충 계수 및 동정을 위해서 시료를 루골용액(5%)으로 고정 및 농축한

후, 광학현미경하에서 Sedgwick-Rafter chamber에 일정량 분주하여 동정 및 계수를 하였다. 아울러, 섬모충은 동정이 어려워 피각을 가진 것과 가지지 않을 것을 구분하여 평가하였고, 극우점한 2종에 관해서는 속 수준으로 구분하였다.

3. 결과 및 고찰

마이크로코즘 실험기간 환경요인 및 대상 적조생물의 살조효율에 관해서는 백 등의 최근 논문에서 구체적으로 언급이 되었다[9]. 간단하게 요약하면, 수온은 대조군과 처리군의 차이를 보이지 않았지만, 오전(AM6:00)과 오후(PM6:00)의 수온차이가 크게 확인 되었다. 아울러, 조사기간 동안 18-25°C 범위내로 변동하였으며, 평균 20°C 를 보였다. 염분 또한 대조군과 처리군의 차이는 명확하지 않았고, 시간의 경과와 더불어 수분증발로 염분이 조금씩 점차적으로 상승하였다. pH와 용존산소는 대조군을 포함하여 처리군에서 처리 후 1일 경과 후 급격히 감소하였고, 그 후 조금씩 회복하였다. 여기서 pH와 용존산소의 감소는 적조생물이 사멸하여 분해되는 과정에서 발생한 것으로 판단되었다. 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* 개체수의 현저한 감소는 24h 경과 후 TD49 0.8 μM 처리군에서 명확하게 나타났고, 다른 실험군에서는 대조군과의 현저한 차이를 보이지 않았다. 백 등[9]의 보고에 의하면, 현장에서 발생한 *Akashiwo sanguinea*를 대상으로 TD49 물질을 처리하면 대상생물이 사멸하여 박테리아의 대발생을 유발하였다. 본 연구에서도 현장에서 발생한 적조 생물 *C. polykrikoides*을 처리하였을 경우 박테리아가 대증식하는 경향은 유사하였다.

본 연구에서 대조군의 박테리아 개체수는 실험 12h 경과 후 14×10^9 cells L^{-1} 급격하게 증가하여 36h에는 최고값(15×10^9 cells L^{-1})을 기록한 후, 3일째부터 7×10^9 cells L^{-1} 로 감소하여 일정하게 평형을 유지하였다 [Fig. 2].

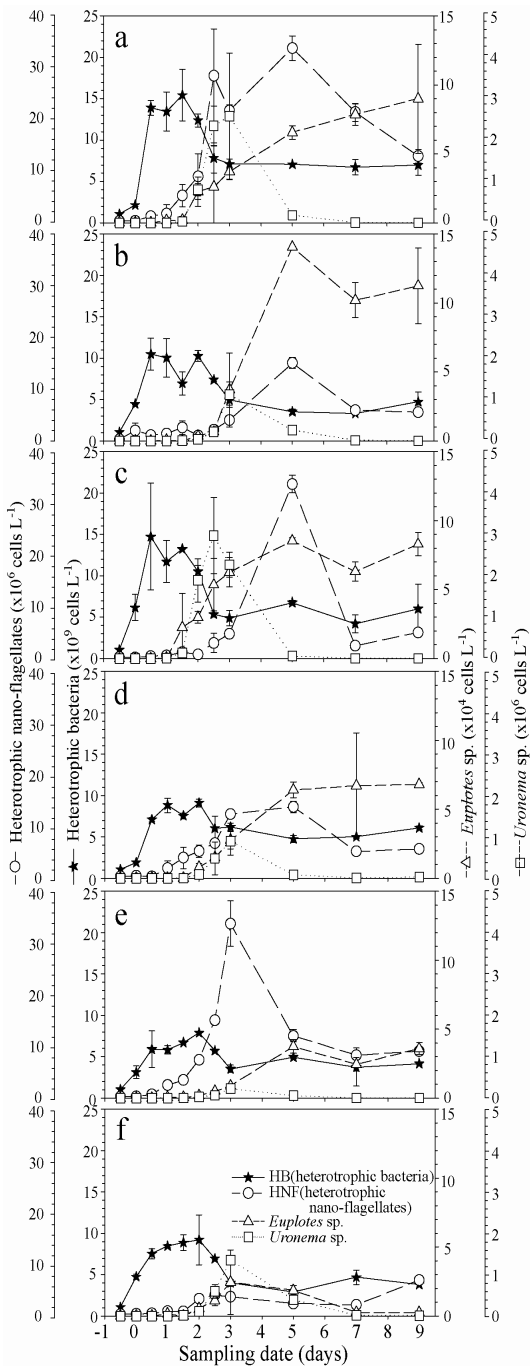


Fig. 2. Changes in microbial communities as a result of the algicidal activity of yellow clay and TD49 on *Cochlodinium polykrikoides* in the control (a), 0.4 μM TD49, (b) 0.8 μM TD49 (c), 4 g yellow clay (d), 10 g yellow clay (e) and 0.4 μM TD49 + 4 g yellow clay (f) microcosms.

TD49 0.4 μM 처리군의 박테리아 개체수는 대조군과 유사하게 12h 이후 급격하게 증가하여 24h 후 10 X 10⁹ cells L⁻¹로 1차 최고점에 도달한 후, 36h-48h 동안 감소와 증가를 반복하였고, 72h 이후부터 7 X 10⁹ cells L⁻¹로 감소하여 실험종료까지 평형상태를 유지하였다. TD49 0.8 μM 처리군에서는 TD49 0.4 μM의 실험군과 전반적으로 유사한 경향을 보였으나, 최고치는 14 X 10⁹ cells L⁻¹로 크게 차이를 보였다. 황토 4g과 10g 처리군 박테리아의 시계열 변동 특성은 극히 유사하였고, 4g 황토처리군에서 1차 최고점(24h: 8.8 X 10⁹ cells L⁻¹)과 2차 최고점(48h: 9.0 X 10⁹ cells L⁻¹)이 관찰되었으나, 10g 황토처리군에서는 1차 최고점(48h: 7.8 X 10⁹ cells L⁻¹)만 기록되었다. TD49 0.4 μM와 황토 4g을 혼합 처리군에서는 황토 4g 처리군과 유사한 박테리아의 시계열 변동을 보였다. 이는 황토와 TD를 혼합하면, TD 효과보다는 황토 효과를 더 강하게 받을 수 있다는 것을 시사할 수 있다.

중속영양편모류(HNF)의 개체수 변동은 박테리아의 현저한 증식 후 시간간격(time lag)을 두고 증가하는 경향을 관찰하였다. 대조군의 HNF는 실험 60h 경과 후 28 X 10⁶ cells L⁻¹로 1차 최고점에 도달하였는데, 이는 박테리아가 최고점에 도달한 후 24h의 time lag 후 HNF가 증식하였다. TD49 0.4 μM과 0.8 μM 처리군에서는 박테리아의 대증식 60h의 time lag 후 최고점(0.4 μM: 15 X 10⁶ cells L⁻¹; 0.8 μM: 33 X 10⁶ cells L⁻¹)에 도달하였다. 특히 0.8 μM TD 처리군에서 HNF 개체수가 높게 나타났는데, 이는 대상 적조생물 *C. polykrikoides*가 0.4 μM TD 처리군 보다 0.8 μM TD 처리군에서 현저하게 제어되었고, 분해되는 과정에서 생성되는 탄소를 이용하여 박테리아의 대증식이 일어났으며, HNF의 증식은 먹이원인 박테리아가 증식하고 난 후 일정한 time lag을 두고 발생하는 경향이 강하게 나타났다. 이와 같이 먹이원과 관련된 탄소의 흐름은 같은 살조제를 처리한 경우에도 낮은 0.4 μM TD49 처리군 보다 0.8 μM TD49의 높은 처리군에서 강하게 나타날 수 있다는 것을 알 수 있었다.

반면, 황토 처리군에서 HNF 개체수의 최고점 도달한 시간은 처리 후 60h로 TD49 처리군의 120h보다 1/2로 짧아졌는데, 이는 TD49 처리군에서는 초기 HNF의 개체수에 영향을 미친 결과, 초기 48h 동안에는 극히 낮은 밀도를 유지한 반면, 황토처리군에서는 초기 HNF 개

체수에 미치는 영향이 극히 미미하였기 때문에 빠르게 증가하여 최고점에 도달하는 시간이 크게 단축된 것으로 판단되었다. 아울러, 황토처리군에서 TD49처리군 보다 HNF에 대한 박테리아의 time lag이 12h으로 크게 줄었는데, 이것 또한 TD와 황토의 살포가 초기에 HNF에 미친 영향 차이에서 기인된 것으로 판단된다. TD49 0.4 μM 와 황토 4g 혼합 처리군에서는 HNF의 명확한 시계열 경향이 관찰되지 않았으나, 박테리아의 높은 개체수가 관찰된 24h 후 $4.0 \times 10^6 \text{ cells L}^{-1}$ 의 HNF가 관찰되었고, 그 후 평형을 유지하였다. 결과적으로 박테리아를 포식하는 HNF의 대증식은 박테리아 대증식 후 일정한 time lag를 두고 관찰되었고, 이와 같은 time lag의 차이는 황토보다 TD49에서 현저하게 크게 나타난 것은 살조 물질이 미친 초기 영향때문인 것으로 사료된다.

마이크로코즘에서 미소생물환의 최상위 포식자 섬모충류는 *Uronema* sp.(40 μm 전후), *Euplotes* sp.(150 μm 전후)와 그 이외의 원생생물로 구분하여 평가하였다[Fig. 3].

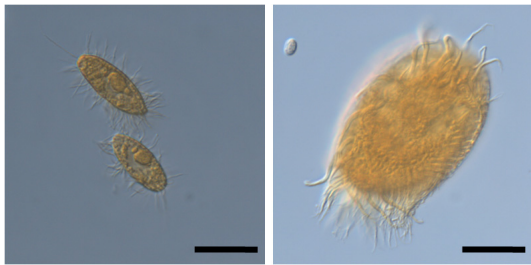


Fig. 3. Cell morphology of *Uronema* sp. (left) and *Euplotes* sp.(right)in the microcosm experiment. All scale bars are 40 μm .

사이즈가 작은 *Uronema* sp.의 증가는 HNF의 증가와 유사하게 박테리아의 증가 후 일정한 time lag두고 증가하는 경향을 관찰하였다. *Uronema* sp.는 유기물 부하가 높은 해역에서 단시간에 대증식을 하고, 영양이 고갈되면, 자연 소멸하는 특색을 가지는 부영양화의 대표적인 지시종이라고 할 수 있다[11]. *Uronema* sp.의 현저한 증가는 대조군을 제외하면 0.8 μM TD49처리군에서 $3.0 \times 10^6 \text{ cells L}^{-1}$ 로 가장 높은 밀도를 보였고, 다음으로 0.4 μM TD49 > 0.4 μM TD49 + 황토 4g 처리군 > 황토 4g 처리군 > 황토 10g 처리군 순으로 나타났다. 즉 *Uronema* sp.개체수의 현저한 증가는 적조생물이 사멸하고 난 후 분해되는 과정에서 생성되는 유기쇄설물과 박테리아의 영향이 두드러졌다고 판단된다. 상대적으로

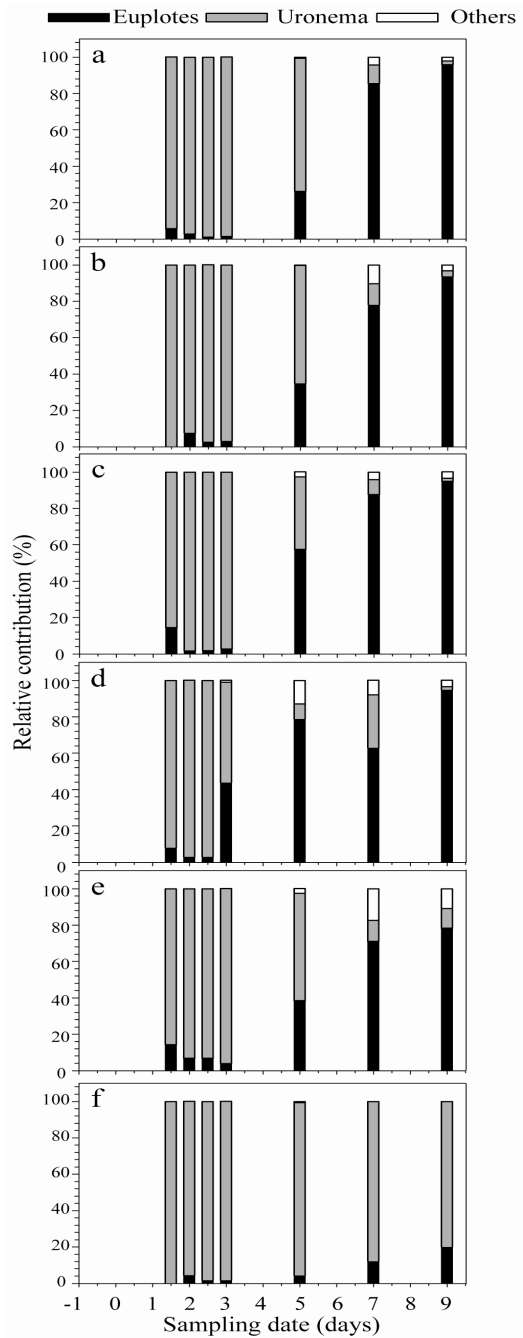


Fig. 4. Relative contribution (%) in protozoan species as a result of the algicidal activity of yellow clay and TD49 on *Cochlodinium polykrikoides* in the control(a),0.4 μM TD49, (b) 0.8 μM TD49 (c), 4 g yellow clay (d), 10 g yellow clay (e) and 0.4 μM TD49 + 4 g yellow clay (f) microcosms.

사이즈가 큰 섬모충 *Euplotes* sp. 개체수는 박테리아의 현저한 증가 후 HNF와 *Uronema* sp.가 높은 밀도를 유지하고 난 후 급격하게 감소 할 때 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 아울러 *Euplotes* sp. 의 높은 개체수는 먹이생물 HNF와 *Uronema* sp.의 누적 개체수가 높은 TD49 처리군에서 현저하게 관찰되었다.

4. 결론

살조물질 TD49와 황토를 *Cochlodinium polykrikoides* 적조해역에 살포 및 적용하였을 경우를 가정하여, 마이크로코즘 실험을 통하여 이들 적조구제용물질이 해양 미소생물군집에 어떠한 영향을 미치는지 구체적으로 파악하였다. 모든 실험군에서 *C. polykrikoides* 의 살조과정에서 박테리아 개체수가 현저하게 증가하였고, 이를 먹이원으로 하는 HNF와 섬모충 *Uronema* sp. 는 일정한 time lag를 두고 증가하는 경향이 강하게 나타났다. 아울러, 섬모충 *Euplotes* sp. 는 HNF와 *Uronema* sp. 의 일정히 높은 개체수 밀도가 지속적으로 관찰되고 난 후, 점차적으로 증가하는 경향을 보였고, 실험 후반 부에 *Euplotes* sp. 의 지속적인 증가는 HNF와 *Uronema* sp. 의 개체수를 top-down control하는 중요한 요인으로 작용하였다. 이와 같은 포식과 피식의 관계는 살조효과가 두드러진 TD49 처리군에서 현저하게 나타났다. 결과적으로 TD49물질 살포는 일시적으로 미소생물환의 미소생물에게 부정적인 영향을 미칠 수 있으나, 1-2일의 시간경과 후에는 오히려 미소생물의 탄소흐름에 긍정적인 역할을 하는 것으로 판단되었다. 반면, 황토처리군은 미소생물군집에 미미한 영향을 보였다.

References

- [1] T. G. Park, W. A. Lim, Y. T. Park, C. K. Lee, H. J. Jeong "Economic impact, management and mitigation of red tides in Korea". *Harmful Algae*, 30S, S131-S143, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2013.10.012>
- [2] M. R. Sengco, D. M. Anderson, "Controlling harmful algal blooms through clay flocculation". *J. Eukaryot Microbiol.*, 51, 169-172, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1550-7408.2004.tb00541.x>
- [3] A. K. Y. Lam, E. E. Prepas, D. Spink, S. E. Hrudehy, "Chemical control of hepatotoxic phytoplankton: implications for human health". *Water Res.*, 29, 1845-1854, 1995.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00348-B](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(94)00348-B)
- [4] T. Porsbring, H. Blanck, H. Tjellstrom, T. Backhaus, "Toxicity of the pharmaceutical clotrimazole to marine microalgal communities". *Aquat Toxicol.*, 91, 203-211, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2008.11.003>
- [5] C. S. Kim, H. M. Bae, Y. C. Cho, "Control of harmful algal blooms by clay via photochemical reaction". *Algae*, 16, 67-73, 2001.
- [6] F. Azam, T. Fenchel, J. G. Field, J. S. Gray, L. A. Meyer-Reil, F. Thingstad, "The ecological role of water-column microbes in the sea". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10, 257-263, 1983.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3354/meps010257>
- [7] Y. M. Kim, Y. Wu, T. U. Duong, G. S. Ghodake, S. W. Kim, E. S. Jin, H. Cho, "Thiazolidinediones as a novel class of algicides against red tide harmful algal species". *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 162, 2273-2283, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-010-9001-5>
- [8] NFRDI, "Monitoring, management and mitigation of red tide". Annual report of NFRDI on red tide of Korea, Busan, Korea. <http://nfrdi.re.kr/redtideInfo>
- [9] S. H. Baek, K. Shin, M. H. Son, S. W. Bae, H. Cho, D. H. Na, Y. O. Kim, S. W. Kim, " Algicidal effects of yellow clay and the thiazolidinedione derivative TD49 on the fish-killing dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* in microcosm experiments". *J. Appl. Phycol.*, 30, 2367-2378, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-014-0275-9>
- [10] S. H. Baek, M. J. Jang, M. H. Son, H. M. Joo, H. Cho, Y. O. Kim, " Algicidal effects of a newly developed thiazolidinedione derivative TD49, on dinoflagellate *Akashiwo sanguinea*". *Ocean Polar Res.* 34, 1-11, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4217/OPR.2012.34.2.125>
- [11] K Xu, J. K. Choi, Y. Lei, E. J. Yang, " Marine ciliate community in relation to eutrophication of coastal waters in the Yellow Sea". *Chinese J. Oceanol. Limnol.*, 29, 118-127, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00343-011-9106-x>

백 승 호(Seung Ho Baek)

[정회원]



- 2004년 3월 : 요코하마국립대 환경정보학과 (환경학석사)
- 2007년 3월 : 요코하마국립대 환경정보학과 (환경학박사)
- 2009년 1월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 책임연구원

<관심분야>

해양환경오염, 수질, 해양생물학, 식물플랑크톤 생태학