

# Nano-S가 해양수질 및 저질에 미치는 영향에 관한 연구

## 2. 현장실험 결과

조천래\* · 조현서\*\* · 장영남\*\*\*

\*,\*\* 전남대학교 해양기술학부, \*\*\* 한국지질자원연구원

### The Effect on the Marine Water and Sediment Quality by the Use of Nano-S

#### 2. Result of Field Experiment

Chon-Rae Cho\* · Hyeon-Seo Cho\*\* · Young-Nam Jang\*\*\*

\*,\*\* Faculty of Marine Technology, Chonnam Notional University, \*\*\* Korea Institute Geoscience and Mineral Resources

**요 약 :** 본 연구의 목적은 적조구제에 사용하기 위해 개발된 Nano-S를 해양에 이용함에 있어 Nano-S가 해양환경에 미치는 영향을 연구하는 데에 있다. 실험은 2005년 8월부터 2006년 2월까지 총6개월에 걸쳐 이뤄졌다. 해역과 조간대에서 실시하였으며, 1%의 고농도구와 0.1%의 저농도구로 구분하여 실시하였다. 조사결과 전 실험구에서 적조구제물질의 투여에 따른 유의적인 증감은 전반적으로 나타나지 않았다. 해역의 수질에서 pH, 염분, DO는 전 실험시간에 걸쳐 서서히 증가하는 경향을 나타내었으며, 영양염류는 실험기간에 걸쳐 농도가 서서히 감소하는 경향을 나타냈다. 해역의 저질에서는 측정항목의 농도가 낮아 졌으며, 조간대에서도 거의 같은 양상을 나타내고 있었다. 이러한 결과는 투입한 물질의 양과 관계없이 대조구를 포함한 거의 전 시험구에서 동일하게 나타났다. 중금속의 경우 고농도 투여구를 중심으로 조사한 결과 물질투여 시험구에서 투여 전후에 유의할만한 결과는 나타나지 않았다. 또한, 투여구를 대조구와 비교하여서도 농도차이는 뚜렷이 발견되지 않았다.

**핵심용어 :** Nano-S, 적토, 현장실험, 적조구제물질, 단기영향평가

**ABSTRACT :** The purpose of this study was to observe the effect on the water quality and sediment environment by the use of Nano-S for anti-Red tide material. The experiment was performed at subtidal and intertidal zone during six months(from Aug. 2005 to Feb. 2006). The experiment sites were divided with concentration of materials. One is lower concentration(0.1%) and the other is higher concentration(1%). The results of experiments didn't show the remarkable influence of the materials effect before and after applying the Nano-S and the red mud. pH, salinity and DO were slowly increased during experiment period but nutrients were conversely decreased in the seawater. In the subtidal zone, qualities of sediments, IL, AVS and COD, were gradually lowered and the similar results were appeared in the intertidal zone. These results showed similar trends over all the experiment sites including control site. The results of heavy metals also did not show the interest different effect before and after applying the Nano-S and red mud compared with control site.

**KEY WORDS :** Nano-S, red mud, field experiment, anti-Red tide material, temporal effect assessment

### 1. 서 론

폐쇄성 혹은 반폐쇄성 연안해역은 해수교환이 원활하지 못하며, 육상으로 부터의 오염물질의 유입과 양식 어장의 과밀화로 해양환경변화에 의한 양식생물의 생산량 감소를 초래하고 있을 뿐만 아니라(國立水産振興院, 1993, 이 등 1999), 양식생물의 배설물과 다량의 미 섭취된 먹이성분 중의 유기물이 침강하여 퇴적물에 축적되고, 축적된 유기물 분해로 저층 빈산소수괴 형성(이 등, 2004a, 2004b)과 저서동물 군집 분포에 영향을

미치며(심 등, 1997), 퇴적물로부터 공급되는 영양염은 적조발생환경 조성 등 내만 생태계 기본 구조를 변화시킬 수 있다. 또한 잠재적인 오염원으로 평가되고 있는 부영양화도 역시 심각한 수준에 있는 것으로 평가되었다. 이로 인해 폐쇄적 연안해역의 적조발생은 매년 되풀이되고 있다. 특히, 1990년대 이후 적조현상은 광역화, 장기화, 고밀도화 되고 있으며, 수산물을 폐사시킬 수 있는 유해적조의 발생 빈도가 증가하고 있다. 적조로 인한 피해는 주로 수산양식에서 나타나고 있는데, 1995년에 최대 764억원, 2003년도에 215억 원의 피해를 입는 등 매년 수십 억원에서 수 백 억원에 이르고 있다(류 등, 2004).

연안의 이러한 환경유해 요소를 제거하고 개선하기 위해 다양한 물질들과 환경변화에 대한 연구(Hall et al., 1990, 심 등,

\*대표저자 : choccr@hanmail.net

\*\*교신저자 : 종신회원, hsch@chonnam.ac.kr, 061)659-3146

1997, 이 등, 2004a, 2004b)가 이루어지고 있다. 본 연구에서 사용한 물질은 보오크싸이트 원광석을 베이어 공법(Bayer process)을 이용하여 수산화알루미늄 및 알루미늄을 생산하는 과정에서 발생하는 일종의 부산물(한국종합화학, 1994)인 적토(red mud)를 활성화하여 적조구제와 저질환경개선을 목적으로 개발(채 등, 2005)한 것으로서 Nano-S로 명명하였다. 본 연구는 Nano-S가 환경중에서 적조구제와 양식어장의 저질개선을 목적으로 사용되었을 경우 해양환경에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 적조구제물질로 사용했을 경우 단기간의 적조구제효율도 중요하지만 장기간 해양환경에 미치는 영향을 평가하는 일 또한 매우 중요하다. 황토의 예에서 보듯이 장기간 체류하면서 퇴적물을 산성화하여 적조발생을 더욱 빈번하게 일으키는 원인물질로 작용 한다는 연구결과가 보고되는 등 기존에 사용하고 있는 물질에 대해서도 환경에 미치는 영향을 면밀히 관찰할 필요가 있으며 새로이 개발되어 환경 중에 사용되어 질 물질이 환경 중에 어떠한 영향을 미칠지에 대한 면밀한 조사는 필수 항목이다(나, 1996, 배 등, 2000a, 2000b, 2002). 따라서 본 연구에서는 Nano-S를 해양환경에 직접 살포하여 해양수질과 저질에 미치는 영향을 장기적으로 조사하여 평가하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 조사지점 및 방법

Nano-S가 해양환경에 미치는 영향을 조사하기 위하여 물질을 해역에서 직접 살포하여 평가하였다. 2005년 8월 27일부터

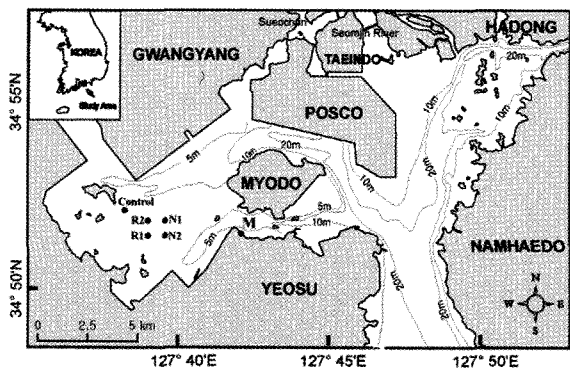


Fig. 1. Map showing the Station of Field Experiment.

- N1 : Low Concentration of Nano-S
- N2 : High Concentration Nano-S
- R1 : Low Concentration Red mud
- R2 : High Concentration Red mud
- M : Intertidal Experimental zone

2006년 2월 28일까지 6개월간에 걸쳐 전남 여수시에 위치한 묘도 서측 해역과 우순도 동측 조간대에서 실험을 실시하였다. 현장실험은 해역과 조간대로 나누어 실시하였으며 실험대상 해

역은 Fig. 1에 나타내었다. 해역에서 Nano-S와 적토가 해양수질 및 저질에 미치는 환경영향을 조사하기 위하여 실험구의 크기는 3m×3m로 하여 9m<sup>2</sup>로 설정하였고, 실험구는 총 5개로 대조구와 Nano-S와 적토를 각각 고농도구, 저농도구의 2곳을 선정하여 실험을 실시하였다. 실험구간의 영향을 최소화하기 위하여 실험구간의 거리를 1km 이상으로 하였다. Nano-S와 적토는 각각 저농도구와 고농도구로 하여 해역의 유효수심을 1m로 하였을 때의 단위부피당(m<sup>3</sup>) 0.1%(9kg)와 1%(90kg)가 되도록 투여하였다. 투여한 양은 저질의 단위면적당(m<sup>2</sup>) 각각 1kg과 10kg에 해당한다. Nano-S와 적토의 투여직전 및 투여 직후 수질의 경우 조사시기는 투여 전 1시간, 투여 10분 후, 투여 1일 후, 투여 1개월, 2개월, 3개월, 4개월, 5개월, 6개월 후에 시료를 채취하였다. 저질의 경우 투여 전 1시간, 투여 1일 후, 투여 1개월, 2개월, 3개월, 4개월, 5개월, 6개월 후에 시료를 채취하였다. 시료의 채취는 표층수의 경우 바켓스를 이용하였으며, 저층수는 반돈채수기를 사용하였으며 채수한 시료는 실험실로 운반 후 즉시 분석하였다. 저질시료는 중력식곡어 채니기와, 반빈그립을 사용하여 0~5cm의 표층 저질을 시료로 채취하였으며, 채취 후 아이스박스를 이용하여 실험실로 운반 후 분석 전까지 -20℃에서 보관하였다. 조간대 실험구의 크기는 1m×2m로 설정하여 2m<sup>2</sup>로 하였다. 실험구는 총 5개로 대조구와 Nano-S 투여구 2곳과 적토 투여구 2곳을 선정하여 실험을 실시하였다. Nano-S와 적토는 각각 저농도구와 고농도구로 구분하여 조간대의 단위면적당(m<sup>2</sup>) 1kg와 10kg가 되도록 투여하였다. Nano-S와 적토의 투여전 1시간, 투여 1일 후, 투여 1개월, 2개월, 3개월, 4개월, 5개월, 6개월 후에 시료를 채취하였다. 시료의 채취는 저질시료는 간조시 갯벌이 노출되었을 때 미리 준비한 시약용 스푼을 이용하여 0~2cm의 표층 저질을 시료로 채취하였으며, 채취 후 아이스박스를 이용하여 실험실로 운반 후 분석전까지 -20℃에서 보관하였다.

### 2.2 분석항목 및 방법

수질 분석은 일반항목으로 전 실험구에서 pH, 용존산소(DO), 부유물질(SS), 화학적산소요구량(COD)과 영양염류인 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), 인산염 인(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P), 규산 규소(Si(OH)<sub>4</sub>-Si), 총인(TP) 및 총질소(TN)를 분석하였다. 분석은 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005) 및 해양관측지침(日本氣象協會編, 1985)에 준하여 분석하였다. 저질 분석은 함수율(%), 강열감량(IL), 화학적 산소요구량(COD), 산화발생황화물(AVS)을 분석하였으며, 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005)과 新編水質汚濁調査指針(日本水産資源保護協會編, 1980)에 준하여 분석하였다. 각 항목별 분석방법은 Table 1에 나타내었다. 중금속의 농도변동을 확인하기 위하여 각 시험구별 고농도구에 대하여

Table 1. Analyzed items and methods

Water	
pH	pH meter (Orion 3 STAR, Thermo Elec. Co.)
Salinity	Salinometer (YSI 3200)
DO	Winkler-Azide
SS	GF/C weighting
COD	Alkaline Potassium Permanganate
T-N	Alkaline Potassium Persulfate oxidation
T-P	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	Indophenol
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	Diazo
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Cu-Cd reduction column
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	
Si(OH) <sub>4</sub> -Si	Molybden blue
Heavy metals	Microwave-ICP/MS
Sediment	
IL	Ignition loss
COD	Alkaline Potassium Permanganate
AVS	Sulfur detection tube
Heavy metals	Microwave-ICP/MS

수질 및 퇴적물에 대한 중금속 분석을 실시하였다. 중금속의 분석방법은 다음과 같다. 수질시료의 경우 미리 0.1N 질산으로 세척하여 건조한 고밀도폴리에틸렌(HDPE)용기에 채취 후 농질산을 이용하여 pH를 조절하여 실험실로 운반하였다. 전처리해 해수 1mL를 테플론재질의 분해장치에 넣은 후 농질산을 첨가하여 Microwave를 이용하여 분해해 실온까지 방냉하고, 0.1N 질산으로 정용하여 시료로 사용하였으며, 저질시료의 경우 반빈그랩을 이용하여 미리 산으로 세척한 경질유리병에 표층의 저질을 금속과 접촉하지 않은 부분을 채취하여 아이스박스 보관하여 실험실로 운반 후 분석전까지 -20℃로 냉동 보관하였다. 채집한 시료는 이물질들을 제거하고 풍건 후, 0.25g을 테플론 재질의 분해장치에 담아 농질산과 유기물을 제거하기 위한 과산화수소를 첨가하여 Microwave를 이용하여 분해하고, 방냉한 후 0.1N 질산으로 정용하여 시료로 사용하여 수질시료와 동일하게 ICP/MS(ICPM-8500, Shimadzu, Japan)로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 조하대 실험결과

실험결과 pH, 염분, 용존산소의 경우 전 실험기간에 걸쳐 표·저층에서 전반적으로 상승하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 시험구와 대조구에서 모두 동일하게 관찰되었다. 염분의 경우 1개월까지 거의 29.0psu 부근의 값을 나타내었으며, 2개월 시점에서 강우에 의한 영향으로 26.0psu 부근의 값을 나타내었다. 용존산소의 경우 초기 1일까지 5~8mg/L의 값을 보였으며 투여전후에 유의할만한 변동은 보이지 않았으나, 2개월부터 서서히 값이 증가하여 종료시에 표층에서 12mg/L, 저층에서는 11mg/L 정도의 값을 나타내었다(Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4). 전반적으로 표층이 저층에 비해 다소 높은 농도를 보였다. 이러한 항목의 농도상승은 계절변화에 따른 수온의 하강으로 인한 영

향과 갈수기의 담수유입의 변동에 따른 것으로 볼 수 있다. 부유물질의 농도는 투여직후 표층에서는 아주 낮은 농도로 나타났으며 저층에서는 표층에 비해 다소 높은 농도를 보이는 것으로 조사되었다. 하지만 이후 1개월 후부터는 광양만 특성상 낮은 수심과 강한 바람의 영향으로 조사기간 전반에 걸쳐 높은 농도를 보였다. 특히, 2개월 후와 3개월 후의 조사 시기에 강한 바람의 영향으로 SS가 매우 높은 농도로 나타났다(Fig. 5). 화학적 산소요구량은 표층에서 투여직후 소폭 상승하는 효과를 보였다. 하지만 저층에서는 이러한 현상이 나타나지 않았다. 2개월 후 시점에서 강우에 의한 영향 등으로 최고값을 보이며 이후로 약 1~2mg/L를 보이며 안정적인 값을 나타내었다(Fig. 6).

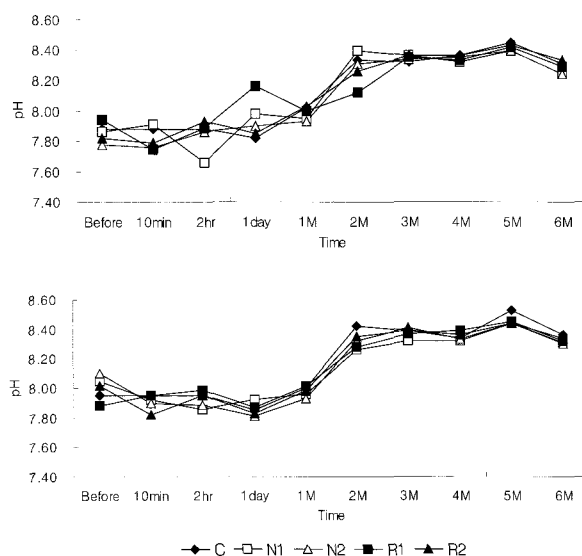


Fig. 2. Temporal variation of pH in sea water. (upper:surface, lower: bottom)

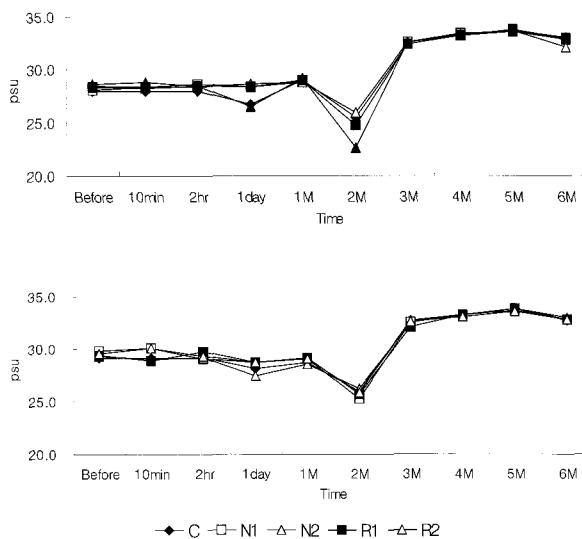


Fig. 3. Temporal variation of Salinity in sea water. (upper:surface, lower: bottom)

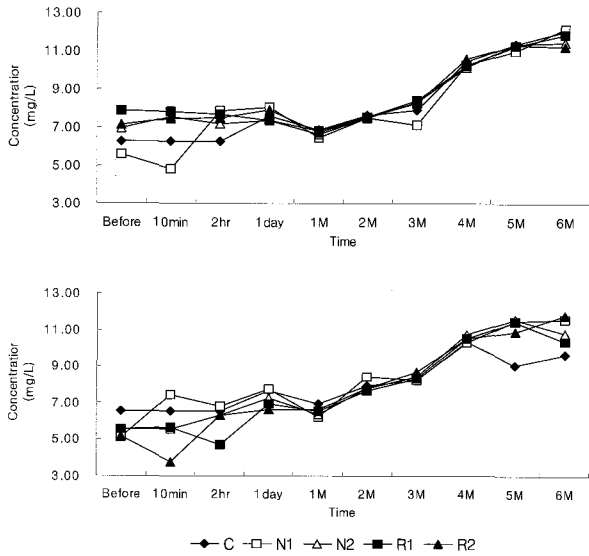


Fig. 4. Temporal variation of DO in sea water. (upper:surface, lower: bottom)

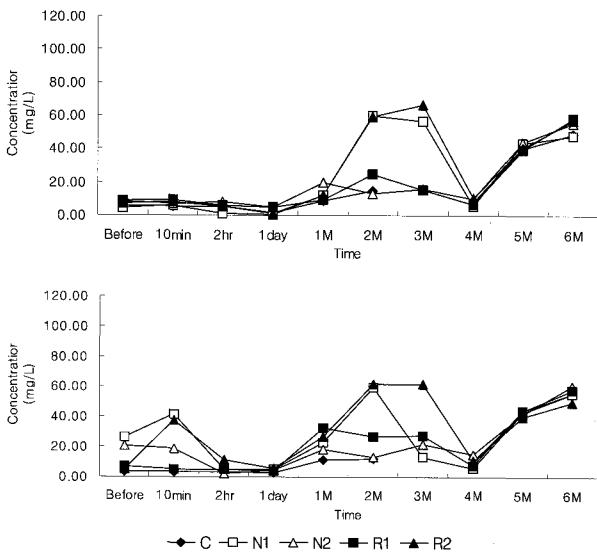


Fig. 5. Temporal variation of SS in sea water. (upper:surface, lower: bottom)

영양염류는 전반적으로 모든 항목이 투여전후에 유의적인 증감은 보이지 않았으며 6개월까지 점차 농도가 낮아지는 경향을 보였다. 암모니아성질소는 2개월 후에 최소값을 3, 4개월 후에 최대값을 보였다. 아질산성질소는 저층에는 투여전에 비해 투여직후에 농도가 상승하는 현상을 나타내었다. 하지만, 1개월 이후 종료시까지  $2\mu\text{g-at/L}$  이하의 값으로 안정한 값을 보였다. 질산성질소의 경우 표층에서는 투여전후에  $25\mu\text{g-at/L}$  전후의 값을 보였으며, 저층에서는 소폭 낮아지는 현상이 나타났으나, 이후 1개월부터 낮아지기 시작하여 6개월 종료시까지 표·저층에서 모두  $5\mu\text{g-at/L}$  이하의 농도로 나타났다. 용존무기질소는 암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소의 총합으로 산정하였다. 용존무기인은 표층에서 저층에 비해 투여전부터 약간 높

은 값을 보였으나, 투여전 후에 두 층에서 뚜렷이 구별될만한 차이는 보이지 않았으며, 2개월 후에 가장 낮은 농도를 보였고, 그 후 종료시까지 낮은 농도를 유지하였다. 규산 규소의 경우 표층에서 투여전후에 유의한 현상은 나타나지 않았으나, 저층에서 투여직후 대조구와 적토 저농도구를 제외하고 전반적으로 소폭 상승하는 영향을 나타내었으나, 2시간 이후에는 투여전의 농도를 나타내었다(Fig. 7). 총질소의 경우 투여 전후에 유의할 만한 결과는 보이지 않았다. 투여 1개월 후를 기점으로 전반적으로 농도가 낮아졌으며, 4개월 이후 약간 상승하는 결과를 나타내었다. 이러한 현상은 표층과 저층에서 동일하게 나타났다(Fig. 8).

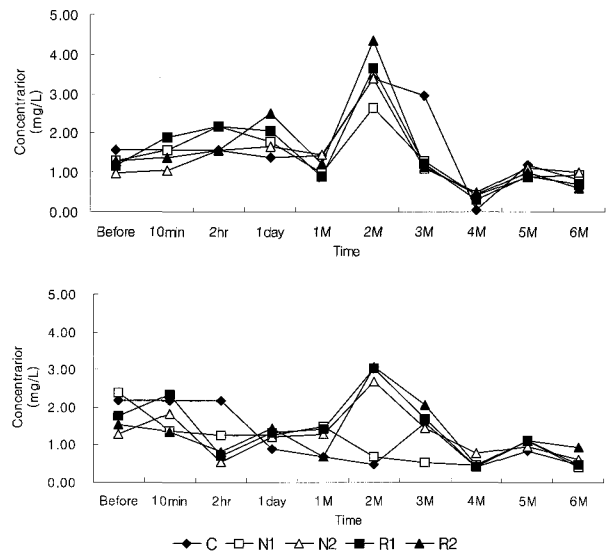


Fig. 6. Temporal variation of COD in sea water. (upper:surface, lower: bottom)

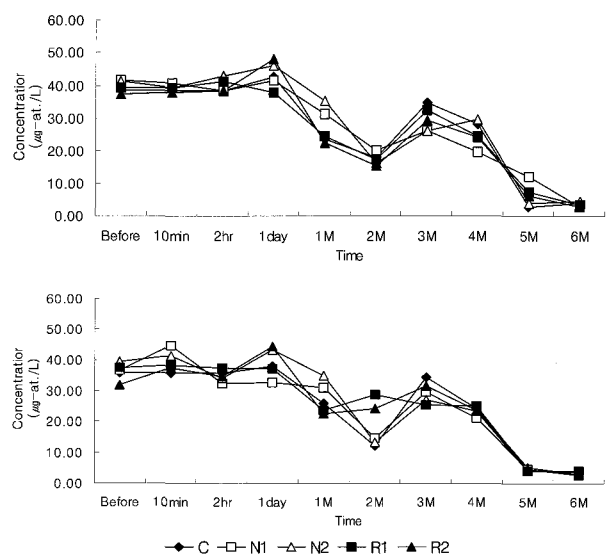


Fig. 7. Temporal variation of  $\text{Si(OH)}_4\text{-Si}$  in sea water. (upper:surface, lower: bottom)

Nano-S가 해양수질 및 저질에 미치는 영향에 관한 연구 2. 현장실험 결과

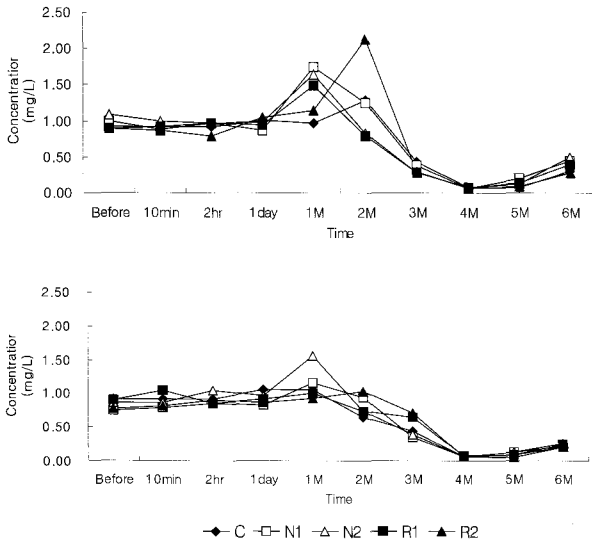


Fig. 8. Temporal variation of TN in sea water. (upper : surface, lower : bottom)

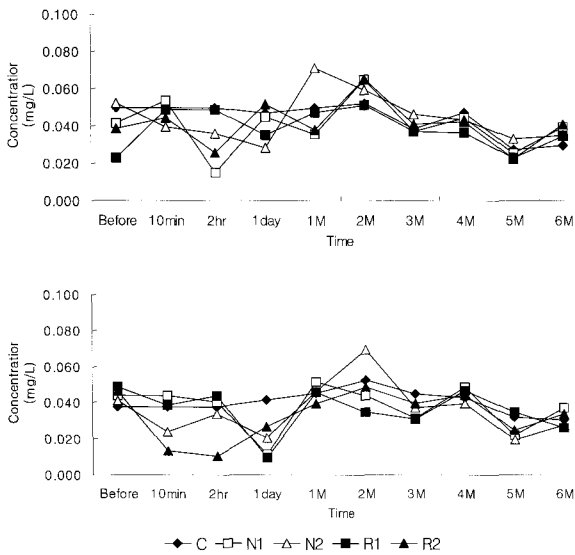


Fig. 9. Temporal variation of TP in sea water. (upper : surface, lower : bottom)

총인의 경우 투여전후 해역의 표층과 저층에서 많은 변동을 보이거나 표층수와 저층수가 Nano-S와 적토의 고농도구에서 하강하는 현상을 관찰할 수 있었다. 표층에서는 2시간 후, 저층에서는 1일 후에 최소값을 보였으며 한 달 이후에는 표·저층에서 거의 동일한 양상을 보였다(Fig 9). 영양염류의 이러한 영향은 대조구에서 시험구와 동일한 현상을 보이는 것으로 나타나 계절변화에 따른 수온 하강과 더불어 갈수기 담수유입의 감소로 인한 영양염류의 농도저하에 따른 것으로 판단된다.

Nano-S와 적토가 해역에서 저질환경에 미치는 영향을 파악하기 위하여 해역수질조사지점과 동일한 지점에서 저질시료를 채취하여 실험을 실시하였다. 시료의 채취는 Nano-S와 적토의 투여 1시간 전과 투여 후 1일, 1개월, 2개월, 3개월, 4개월, 5

개월, 6개월 후에 표층 저질을 채취하여 투여 전·후에 Nano-S와 적토가 저질환경에 미치는 영향을 조사하였다. 강열감량은 1일 후에 다른 시험구가 소폭 상승한 것에 비해 대조구는 낮아지는 양상을 보였으나 이후 대조구는 상승하고, 다른 시험구는 동시에 낮아지는 현상을 보였다. 3개월 후부터 6개월 후까지 전 시험구에서 거의 비슷한 농도로 나타났다(Fig. 10). 해역저질에서의 산화발생황화물(AVS)의 경우 대조구와 각 물질의 저농도 투여구에서는 농도가 소폭 상승하거나 유지하는 경향을 보였으며, 고농도 투여구에서는 소폭 하강하는 경향을 보였다. 하지만 이후 4개월 후인 12월에는 전 해역에서 가장 낮은 농도를 나타내었고, 5개월 후와 종료에도 1mg S/g-dry 이하의 낮은 값을 유지하였다(Fig. 11). 퇴적물에서의 화학적산소요구량은 Nano-S 저농도구를 제외하고 전 시험구에서 소폭 낮아지는 현상을 보였다.

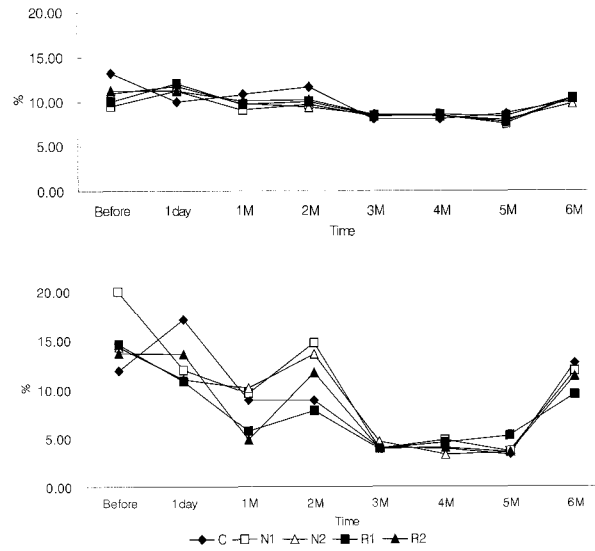


Fig. 10. Temporal variation of IL in sediment. (upper : subtidal, lower : intertidal)

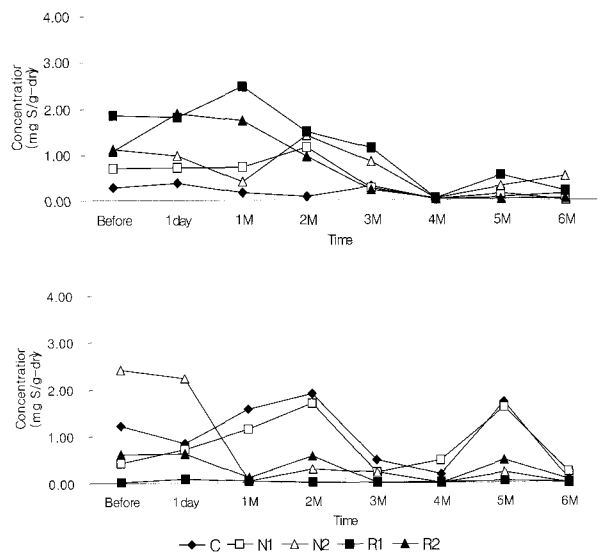


Fig. 11. Temporal variation of AVS in sediment. (upper : subtidal, lower : intertidal)

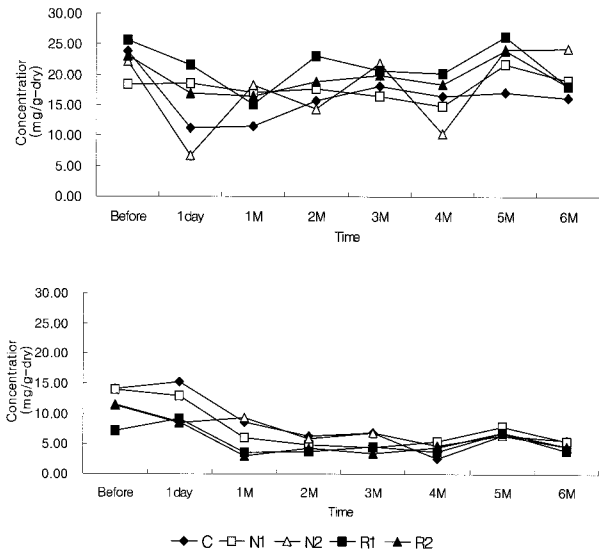


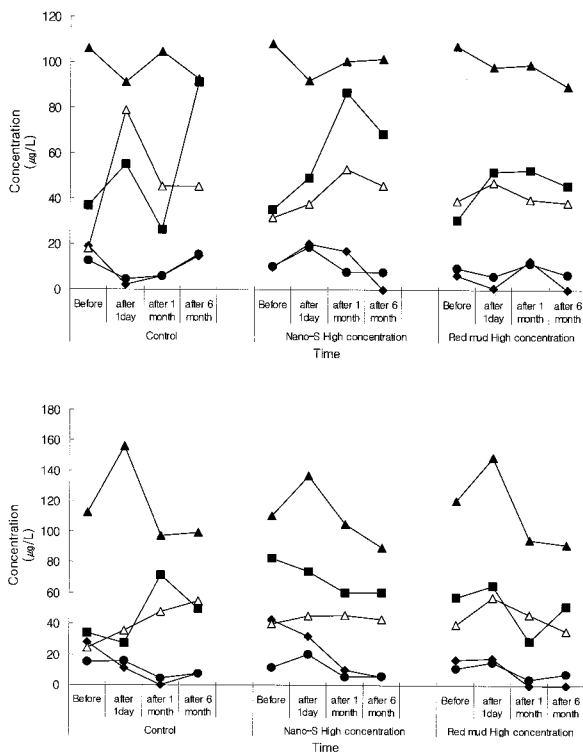
Fig. 12. Temporal variation of COD in sediment.  
(upper : subtidal, lower : intertidal)

그러나 투여 1일 후의 전 시험구에서의 하강은 대조구에서도 동일한 현상이 나타나는 것으로 판단할 때 투여물질에 의한 영향으로 보기는 어렵다(Fig 12).

### 3.2 조건대 실험결과

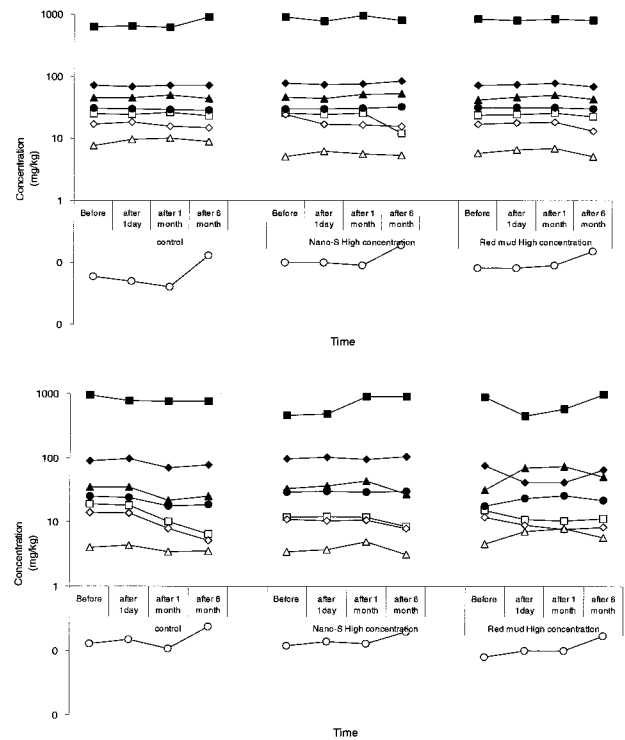
조건대에서 Nano-S와 적토가 퇴적물에 미치는 영향을 파악하기 위하여 조건대 갯벌을 선정하여 실험을 실시하였다. 시험구는 저농도구가 단위면적당( $m^2$ ) 1kg으로 투여되었으며, 고농도구가 단위면적당( $m^2$ ) 10kg의 비율로 투여되도록 하였다.

시료는 조건대가 들어나는 간조시에 0~2cm의 표층을 채취하였으며 Nano-S와 적토의 투여 1시간 전과 투여한 후 1일, 1개월, 2개월, 3개월, 4개월, 5개월, 6개월 후에 표층 퇴적물을 채취하여 구제물질 투여 전·후에 퇴적물에 미치는 영향을 조사하였다. 우선 조건대의 특성상 해역의 저질과는 함수율에서 두 배가량의 차이를 보였으며, 강열감량(II)은 대조구를 제외하고 전 투여구에서 1개월 후까지 낮아지는 경향을 보였다. 2개월 후에는 소폭 상승하였다가 5개월 후까지 10% 이하의 값을 보였으며 이후 약 10% 부근에서 농도분포를 보였으며, 대조구와 차이는 없는 것으로 나타났다. 조건대퇴적물에서의 산화발성황화물의 경우에는 시험구마다 투여전에 다른 농도분포를 보였다. 투여 후 적토 고농도구와 Nano-S 고농도구에서는 낮아지며 종료시까지 매우 낮은 농도를 유지하였다. Nano-S 저농도 투여구와 대조구는 2개월 후까지 약간 상승하는 경향을 보였으나 이후 다른 시험구와 같은 농도값을 보였다. 화학적산소요구량은 전시험구에서 거의 동일한 양상을 보였으며, 투여전후의 유의한 변동은 없는 것으로 나타났다.



(▲Cr, ■Mn, ◆Zn, ●Pb, △As)

Fig. 13. Temporal variation of heavy metals in seawater.  
(upper : surface, lower : bottom)



(▲Cr, ■Mn, ◆Zn, ●Pb, △As, □Ni, ◇Cu, ○Cd)

Fig. 14. Temporal variation of heavy metals in sediment.  
(upper : subtidal, bottom : intertidal)

### 3.3 중금속 분석결과

해역 및 조간대에서 Nano-S와 적토가 해양수질 및 저질 중금속에 미치는 영향을 평가하기 위하여 투여지점과 동일한 지점에서 투여전과 투여 후 1일, 1개월, 6개월에 걸쳐 시료를 분석하였다. 해역의 수질과 저질, 조간대 퇴적물에서 중금속의 농도변동은 대조구와 Nano-S 고농도 투여구와 적토의 고농도 투여구에 대하여 조사하였다. 전 시험구의 저질에서 중금속의 농도는 평양만에서 나타나는 타 연구들의 농도와 거의 동일하게 관찰되었다. 해역의 해수에서는 표층과 저층 그리고 시험구별로 각 성분에 대한 농도값이 유사하게 나타났다. 하지만 As의 경우 조사시기에 따라 상당한 농도차를 보였다. 하지만 표·저층간의 유사성이 있는 것으로 보아 낮은 수심층을 고려한다면 해수의 물리적 이동현상에 따른 것으로 판단된다. 다른 성분들에서도 역시 농도차이를 보였으며, 이러한 현상 또한 앞서 제시한 내용과 같은 결과로 해석된다. 또한 모든 시험구에서 Hg은 검출한계 이하를 나타내었으며, Ni과 Cd의 경우 몇몇 시기를 제외하고 거의 농도가 검출되지 않았다(Fig 13).

저질에서의 중금속 농도의 경우 대조구와 시험구 모두 비슷한 농도 분포를 보였으며 투여전후에 뚜렷이 구분되는 차이점은 보이지 않았다. 또한 모든 시험구에서 Hg은 검출한계 이하를 나타내었으며, Cd의 경우도 매우 낮은 농도로 검출되었다. 하지만 이러한 현상은 물질 투여구 뿐 아니라 대조구에서도 동일하게 나타났다(Fig 14).

## 4. 결 론

### 4.1 조하대 환경에 미치는 영향

해역에서 Nano-S와 적토 투여 전·후의 변동을 관찰하기 위한 실험을 실시한 결과에서 각 시험구별로 투여물질의 종류와 상관없이 투여 전·후에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 단기 영향으로는 아질산성 질소의 경우 투여직후 해역의 저층에서 상승하는 영향을 나타내었으나 용존무기질소의 결과는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한, 수조실험과 동일하게 표저층에서 총인의 농도가 투여직후 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 용존무기인에서는 이러한 현상을 볼 수 없었다. 또한, 수조실험에서 나타났던 Nano-S 실험구의 pH 감소나 적토의 pH 상승 등의 현상은 나타나지 않았다. 실험기간 전반에 대한 평가로는 우선 pH, 염분, 용존산소가 전 실험기간에 걸쳐 서서히 증가하는 경향을 나타내었으며, 2개월째 염분의 급격한 하강은 강우에 의한 영향이 원인으로 판단된다. 실험기간 중 DO의 상승은 해수온의 저하로 인한 기체의 용해도가 증가했기 때문이며, 염분의 상승은 실험기간이 갈수기와 겹쳐 육수와 강우의 영향을 거의 받지 않은 결과로 인한 현상으로 사료된다. 용존성무기질소, 무기인과 규산 규소의 감소는 계절적인 영향으로 인한 원인물질의 유입이 줄어든 결과로 사료된다. 총질소에서 거의 동일한 결과를 나타내고 있으나, 총인의 경우 다른 영양염류와는 다르게 계절적인 요인의 영향을 받지 않는 것

로 나타났다.

해역의 퇴적물의 강열감량의 경우 투여전후 대조구를 제외하고 소폭 상승하는 현상을 보였으며 전 실험기간에 걸쳐 낮아지다 6개월 후에 소폭 상승하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 계절적인 영향으로 사료된다. 산취발성황화물의 경우 실험을 실시한 시험구마다 값의 차이를 보였으나, 물질의 투여 전후에서 유의한 증감은 나타나지 않았다. 1개월 이후 점점 낮아졌으며, 4개월 후에는 전 시험구에서 거의 동일한 값을 보였으며, 이후 서서히 증가하는 양상을 나타내었다. 해역 퇴적물의 화학적산소요구량은 투여직후에 급격히 낮아지는 현상을 보였다. 하지만 대조구도 동일한 양상을 보이는 것으로 보아 투여물질에 의한 영향으로 보기는 어렵다.

### 4.2 조간대 환경에 미치는 영향

조간대 퇴적물의 강열감량의 경우 대조구를 제외하고 소폭 하강하는 경향을 보였으며, 이러한 영향은 해역에서의 강열감량과 유사한 결과를 나타내었다. 또한 실험기간동안 대조구에서도 거의 동일한 변동을 보이는 것으로 봐서 투여물질의 영향이라기보다는 계절적인 영향 등 다른 영향이 변동의 요인으로 작용했을 것으로 판단된다. 산취발성황화물의 경우 실험을 실시한 시험구마다 다소 차이를 보였으나, 물질의 투여 전후에서 유의한 증감은 나타나지 않았다. 조간대 퇴적물의 화학적산소요구량은 투여전후에 급격한 변동양상은 나타나지 않았다. 1개월 후까지 소폭 하강하는 영향이 나타나기는 했으나 이러한 결과는 대조구에서도 동일하게 나타났다. 따라서 이러한 농도의 변화는 투여물질에 의한 것이라기보다는 시험구에서 광범위하게 나타나는 환경적 영향으로 사료된다.

### 4.3 중금속에 의한 영향

Nano-S와 적토를 투여한 각각의 고농도(1%) 투여구를 중심으로 조사한 결과 물질투여 시험구에서 투여전·후에 유의할 만한 증감은 나타나지 않았다. 또한, 투여구를 대조구와 비교하여서도 농도차이는 뚜렷이 발견되지 않았다. 따라서 각각 1%로 투여한 시험구에서는 조간대 및 해역의 중금속의 농도에 미치는 직접적인 영향은 없는 것으로 조사되었다.

## 후 기

본 연구는 과학기술부 자원재활용기술개발사업단의 후원으로 수행된 연구결과의 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 국립수산진흥원(1993), 養殖漁場 底質改善 技術開發, 農林水産部 特定 研究 課題 報告書, pp.317.

- [2] 김도희(2002), “영양염 용출 측정에 관한 고찰“ 한국 환경과학회지, 제11권(제12호), pp.1333-1337.
- [3] 김이태, 배우근, 김우정, 정원식(2003), Red Mud를 이용한 토양 및 슬러지내 중금속 제거 특성, 한국지하수 토양환경학회 추계학술발표회, pp.73-77.
- [4] 김정식, 이재록, 한상원, 황인국, 배재흠(2000), 적니를 이용한 무기응집제의 제조, 대한환경공학회지, 22(11), pp.2085-2095.
- [5] 김홍건(1993), 被覆物質에 의한 底質로부터 有機物 및 營養鹽類 溶出抑制效果, 부산수산대학교 이학석사학위 논문, pp.50.
- [6] 김정식, 이재록, 한상원, 황인국, 배재흠(2000), 적니를 이용한 무기응집제의제조, 대한환경공학회지, 22(11), pp.2085-2095.
- [7] 나기환(1996), 적조방제용 황토 효과와 영향. 수산계 61, pp.32-37.
- [8] 류정곤, 황기형, 김귀영, 김숙양, 박영태(2004), 적조방제용 황토살포의 효과분석 및 개선방안에 관한 연구, 해양수산개발원, 기본연구2004-18, pp.9-11.
- [9] 배헌민, 김창숙, 김필근, 황진욱(2002), “황토의 적조구제효율 증진 기술 및 생태계 영향 연구“, Proceeding of the 3rd International Symposium on “HARMFUL ALGAL BLOOMS & CONTROL”, pp.66-84.
- [10] 배헌민, 김창숙, 윤성중, 김숙양(2000a), “황토의 적조구제 효과 및 전해수 혼합에 의한 새로운 적조구제 기술“, Proceeding of the Inter-state Symposium on “HARMFUL ALGAL BLOOMS & CLAYS”, pp.86-99.
- [11] 배헌민, 조용철, 김창숙, 윤성중, 김숙양(2000b), 적조 생물 및 피해저감 기술 연구, II. 황토살포가 양식생물에게 미치는 영향. 수진사업 보고서, pp.381-400.
- [12] 심정희, 강영철, 최진우(1997), “남해안 통영지역 가두리 양식장 해수-퇴적물 경계면에서의 chemical fluxes”, 한국해양학회지, 2(2), pp.151-159.
- [13] 오현근(2003), 어장환경 개선제를 이용한 저질 개선 효과에 관한 연구, 이학석사학위논문, 여수대학교.
- [14] 이재성, 김기현, 유준, 이필용, 정래홍, 이원찬, 한정희, 이용화(2004a), “해상 어류 가두리양식장의 환경영향평가:II.가두리 양식장 퇴적물의 산소-황화수소 경계면에서 황화수소의 산화율 및 무산소 퇴적층에서 황산염 환원을 추정” 한국해양학회지(바다), Vol.9, No.2, pp.64-72.
- [15] 이재성, 정래홍, 김기현, 권정노, 이원찬, 이필용, 구준호, 최우정(2004b), “해상 어류 가두리양식장의 환경영향평가: I.퇴적물 산소소모율 및 저서동물을 이용한 유기물 오염영향권 추정 및 유기탄소 순환” 한국해양학회지(바다) Vol.9, No.1, pp.30-39.
- [16] 이필용, 최우정, 강창근, 이원찬, 김평중, 허승(1999), “연안어장 자가오염 연구”, 수진사업보고서, pp.305-313.
- [17] 채수천, 장영남, 배인국(2005), 적토의 황성화를 통한 적조구제물질 개발에 대한 연구, 한국광물학회지, 18(4), pp.267-276.
- [18] 한국종합화학(주)(1994), bulletin.
- [19] 현상민, 이태희, 최진성, 최동림, 우한준(2003), 광양만 및 여수해만 표층퇴적물의 지화학적 특성과 중금속 오염, 한국해양학회지-바다, 8:pp.380-391.
- [20] 해양수산부(2005), 해양환경공정시험방법.
- [21] 松村俊介(1990), 底質・水質改良制としての石灰, 養殖漁場における石灰撒布効果. Gypsum & Lime, 229, pp.109-112.
- [22] 日本氣象協會編(1985), 海洋觀測指針.
- [23] 日本水産資源保護協會編(1980), 新編 水質汚濁調査指針 恒星社厚生閣, 東京
- [24] Duplinsky, P. D.(1982), Sperm motility of northern pike and chain pickerel at various pH values. Trans. Am. Fish. Soc, 111, pp.768-771.
- [25] Hall, Per O. J., L. G. Anderson, O. Holby, S. Kollberg and M.-O.(1990), Samuelsson, Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. I. Carbon. Mar. Ecol. Prog. Ser., 6, pp.61-73.
- [26] Shpigel, M., A. Neori, Van Iperen, J. and H. Gordin(1993), A proposed model for “Environmentally Clean” land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. Aquaculture, 117, pp.115-128.

원고접수일 : 2007 년 3월 20일

원고채택일 : 2007 년 3월 26일