

Nano-S의 해양환경 내 중금속 안정성 평가

김필근¹⁾, 박맹언¹⁾, 조현서²⁾, 장영남³⁾

1. 서론

Nano - S는 건조지역의 토양인 보옥사이트로부터 알루미늄 성분을 정제하는 과정에서 추출된 RMB(Red Mud Bauxite)를 산과 열처리한 물질이다. 주 구성광물은 적철석(hematite), 보에마이트(boehmite), 석영(quartz), 소다석(sodaltite), 석고(gypsum)로서 그 중 적철석이 40%이상 이루어져있다(Claudia et al., 2005). Nano-S는 흡착능력이 매우 우수한 물질로 무기흡착제, 해양의 적조제거제, 호수 및 해양 저질부 오염에 대한 개선물질, 오페수의 질소, 인 제거물질로 활용된다. 특히 적조구제물질로 높은 적조제거 효과를 보인다(장영남 등, 2003). 그러나 황토와 같이 해양 내에 투여 시 대량살포에 따라 해양생태계에 오염을 발생시킬 수 있는 개연성이 제시되었다(Choi et al., 2002).

해양환경에 대한 Nano-S의 활용을 위해서는 해양환경에 미치는 영향 평가가 이루어져야 한다. 해양 내에 미치는 Nano-S의 중금속 안정성을 평가하기 위하여 실내실험을 통하여 용출된 중금속 농도를 해역별 수질등급(해수부)의 중금속 규제 기준과 비교하였다.

2. 연구방법

해양 내 중금속 안정성 용출에 이용된 해수는 부산연안에서 채수하여 1차 여과하여 이용하였다. 0.1%, 1%, 3%의 농도의 Nano-S를 해수 내에 투여하여 항온진탕기(20℃, 100rpm)에서 반응시켰다. 시간별(0분, 1시간, 10시간, 1일, 7일)로 반응 후의 용액(pH≈8.00)을 20ml씩 분취하여 ICP-MS(Perkin elmer, Elan 6100, 부경대학교 공동실험실습관)를 이용하여 Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, As의 농도를 측정하였다.

3. 결과 및 토의

3.1. Nano-S의 화학조성

Nano-S의 주성분원소는 $Fe_2O_3 = 34.5-46.9\%$, $Al_2O_3 = 13.6-25.5\%$, $SiO_2 = 9.0-17.1\%$ 로 구성되며, K_2O , P_2O_5 , MnO 성분이 미량으로 함유된다. 중금속 함량은 $As = 39.5ppm$, $Cd = 9.3ppm$, $Cu = 30.6ppm$, $Pb = 31.6ppm$ 으로 나타났으며, Cr과 Zn은 각각 471.0ppm, 273.5ppm로서 상대적으로 높게 나타났다(Table 1).

주요어 : Nano-S, 중금속, 해수내 중금속 안정성

1) 부경대학교 환경지질과학과(oremineral@hanmail.net)

2) 여수대학교 해양생산시스템보전전공

3) 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부

Table 1. Chemical composition of Nano - S

Constituent (%)		Heavy metal (ppm)	
Fe ₂ O ₃	34.5-46.9	As	39.49
Al ₂ O ₃	13.6-25.45	Cd	9.30
SiO ₂	9.0-17.06	Cu	30.61
TiO ₂	4.9-7.8	Pb	31.58
CaO	3.69-7.4	Cr	471.00
Na ₂ O	2.74-5.9	Zn	273.47
MgO	1.86		
K ₂ O	0.20		
P ₂ O ₅	0.15		
MnO	0.04		

3.2. 해수의 조성

실험에 이용된 해수는 부산연안에서 채수하여 1차 여과 해수이다. 중금속 함량은 Fe = 1824.6ppb로 가장 높게 나타났으며, As = 59.9ppb, Cd = 0.6ppb, Cr = 53.1ppb, Mn = 16.1ppb, Pb = 7.2ppb, Zn 25.2ppb로 나타났다(표 2).

표 2. Concentration of Heavy metal in seawater(unit : ppb)

Element	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
	59.89	0.56	8.99	53.09	1824.58	16.12	7.15	25.2

3.3. Nano-S의 해수 내 중금속 용출 결과

해수(pH=8)에서 실시한 Nano-S의 중금속 안정성 평가를 해역별 수질등급 기준과 비교하였다. 비소는 1일 경과시 수질등급 기준인 50ppb의 두배 농도인 100ppb까지 용출되는 경향을 보였으나, 7일경과 후 1%, 3% 농도에서 재 흡착되어 13ppb까지 감소하는 결과를 나타낸다(그림 1(A)). 아연은 초기 47ppb의 농도를 실험구간 1일까지 모두 흡착되었으나, 7일 경과 후 초기농도를 초과하지 않고 최대 35ppb까지 용출되는 결과를 보였다. 이러한 결과는 아연이 일정한 pH조건에서 흡착되었다가 재 용출되는 현상을 나타내는 것으로서 7일 이후의 추가 실험이 필요한 것을 의미한다(그림 1(B)). 카드뮴 과 납은 모든 구간에서 검출되지 않았으며, 이는 pH=8에서는 이들 원소들이 안정한 것으로 해석된다(그림 1(C,D)). 크롬은 초기에는 용출되지 않았으나 시간이 경과함에 따라 수질등급 기준의 약 두배에 달하는 최대 95ppb(Nano-S 3%투여)의 용출 결과를 보였다. 그러나 0.1%, 1%의 투여 시에는 각각 수질등급 기준 이하인 26ppb, 5ppb가 용출되는 결과를 보였다(그림 1(E)). 구리의 초기 농도는

약 3ppb로 Nano-S 3% 투여조건에서는 9ppb(7일 경과)가 용출되었으며, 0.1%, 1%에서는 각각 3ppb, 2ppb로서 초기 농도와 비슷하거나 낮게 나타나 수질등급 기준(20ppb)에 미치지 못하는 것으로 나타났다(그림 1(F)).

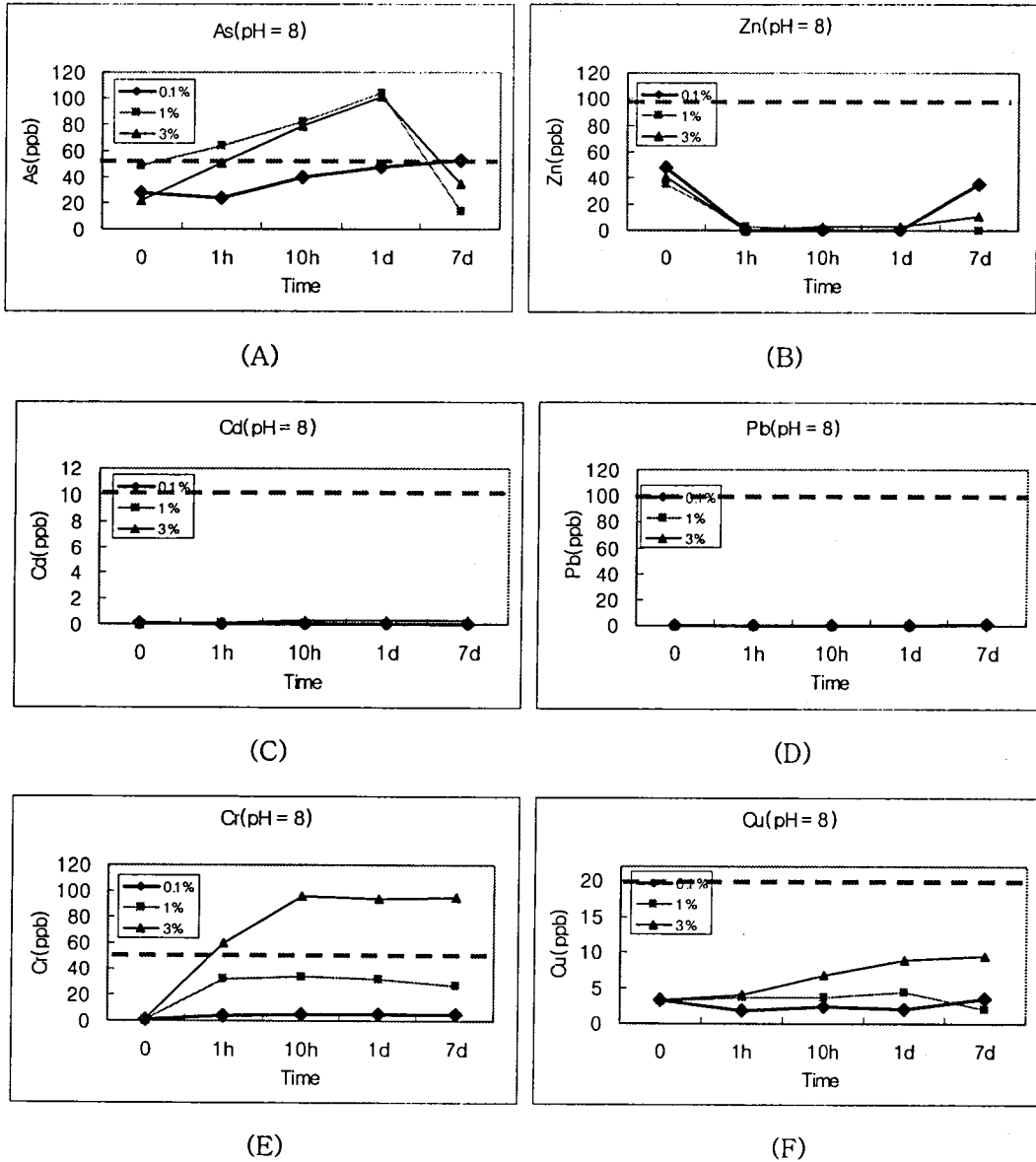


Figure 1. Concentration of heavy metals of Nano-S leached by seawater as function of time. Dashed line means the regulation of seawater quality grade.

4. 결론

Nano-S에 의한 해수 중의 중금속 용출량을 해역별 수질등급 기준의 중금속 농도와 비교한 결과, Cd=0.1ppb, Pb=0.1ppb로서 수질기준보다 낮다. 구리는 최대 10ppb로서 수질기준보다 낮다. 아연은 하루 경과 시까지 흡착되는 경향을 보이거나 7일 경과시 다시 재 용출되는 경향을 나타낸다. 크롬은 0.1% 와 1%의 Nano-S농도에서 수질기준 농도인 50ppb를 초과되

지 않았으나, 3%의 농도에서는 기준치의 두배인 100ppb 정도가 용출되었다. 비소는 1일 경과시까지 용출되는 양상을 보였으나, 7일 뒤 재 흡착되어 안정화 되는 경향을 나타낸다. 연구결과 대부분의 중금속은 수질기준보다 낮게 나타났으나, 크롬의 경우 3%농도에서는 수질 기준의 두 배에 달하는 농도가 용출되었다. 이러한 연구결과는 해양 내에 Nano-S투여 시 농도를 1% 이하로 제한하거나, Nano-S내의 존재하는 크롬 농도를 고려하여야 함을 시사하고 있다.

5. 참고문헌

- 장영남, 채수천, 배인국, 박맹언, 김필근, 김선옥, 2003, 환경친화성 단일 광물질에 의한 적조 구제 실험, 자원환경지질, V. 36, N. 6, p. 557-561.
- Choi, J. K., Sun, X., Lee, Y., and Kim, E. K., 2002, Synergistic effect of sophorolipid and loess combination in harmful algalblooms mitigation, 제 3회 적조방제 기술에 관한 국제 심포지움, p. 85-90.
- Claudia Brunori, Carlo Cremisini, Paolo Massanisso, Valentina Pinto, Leonardo Torricelli, 2005, Reuse of a treated red mud bauxite waste studies oh environmental compatibility, J. of Hazardous Materials B117, p. 55-63.