

## 퇴적물로부터 인 용출 저감을 위한 Brucite 처리

이미경<sup>†</sup> · 최광순 · 김세원 · 오영택 · 권혁재 · 김동섭

한국수자원공사 시화호환경연구소

(2006년 10월 17일 접수, 2006년 11월 21일 채택)

### Brucite Treatment to Reduce Phosphorus Release from Polluted Sediments

Mikyung Lee<sup>†</sup> · Kwangsoon Choi · Seawon Kim · Youngtaek Oh · Hyuckjae Kwon · Dong-Sup Kim

Lake Sihwa Environmental Research Center, Korea Water Resources Corporation

**ABSTRACT** : Lab-scale batch experiments using several 25-L transparent acrylic reactors were conducted to develop optimum capping materials that can reduce phosphorus released from polluted sediments. The sediment used in the experiment was very fine clay(8.8  $\Phi$  in mean grain size), and organic carbon( $C_{org}$ ) content was as high as 2%. Four kinds of batches with different capping materials Brucite ( $Mg(OH)_2$ ), Sea sand( $SiO_2$ ), Granular-gypsum( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), Double layer(brucite+sand), and one control batch were operated for 30 days. Phosphorus fluxes released from bottom sediments in the control batch were estimated to be  $14.6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , while  $9.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $5.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $4.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , and  $3.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  in the batch capped with Sea sand, Granular-gypsum, Double layer, and Brucite, respectively. The results obtained from lab-scale batch experiments show that there were 70% reduction of phosphorus for some materials such as Brucite, Double layer(brucite+sand), and whereas sea sand only about 35%. The pH range of surface sediment to which Brucite was applied showed about 8.0~9.5 in the weak alkaline state. This effect can prevent liberation of  $H_2S$ . The addition of gypsum into the sediment can reduce the progress of methanogenesis because of fast early diagenesis and sufficient supply of  $SO_4^{2-}$  to the sediments, stimulate the SRB highly. Therefore, the application of Brucite and Gypsum can reduce phosphorus release from the sediment as a result of formation of  $Mg_3(OH)(PO_4)_3$ , pyrite( $FeS_2$ ), and apatite-mineral.

**Key Words** : Sediments, Capping, Phosphorus Release Reduction, Brucite, Apatite-mineral

**요약** : 오염된 퇴적물로부터 인 용출 저감을 위한 최적의 capping 소재를 개발하기 위해 lab-scale 실험을 25 L 아크릴 컵를 이용하여 실시하였다. 실험에 사용된 퇴적물 내 입도는 8.8  $\Phi$ 로 매우 세립한 clay로 구성되어 있으며, 유기탄소 함량( $C_{org}$ )은 2%로 높다. Batch 실험에 사용된 capping 소재는 Brucite( $Mg(OH)_2$ ), Sea sand( $SiO_2$ ), Granular-gypsum( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), Double layer(brucite+sand)와 Control을 30일 동안 비교·평가하였다. 실험기간 동안 용출된 인의 flux는  $14.6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $9.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $5.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $4.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $3.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 로 Control > Sea sand > Granular-gypsum > Double layer > Brucite 순으로 각각 나타났다. Brucite를 적용한 컵의 경우, 인 용출 제어 효율이 70% 이상 높게 나타났으며, Sea sand를 적용한 경우에는 35%의 효율만을 보였다. 특히, Brucite를 적용한 컵의 표층 퇴적물내 pH는 8.0~9.5로 다소 높게 유지되었으며, 이러한 효과는 퇴적물을 약알카리성으로 유지하여 황산염환원균이 증식할 수 없는 환경을 조성하여 생물에 독성이 있는  $H_2S$  발생을 억제시킬 수 있다. Gypsum을 적용할 경우, 퇴적물내 빠른 초기 속성화작용의 진행과 충분한  $SO_4^{2-}$ 의 공급으로 methanogenesis 진행을 저하시킬 수 있다. 따라서 Brucite와 Gypsum을 적용할 경우, 퇴적물 내 인의 존재형태가 광물(mineral)의 형태인  $Mg_3(OH)(PO_4)_3$ , pyrite, apatite-mineral의 형태로 진행되어 퇴적물로부터 인의 용출을 줄일 수 있다.

**주제어** : 퇴적물, Capping, 인 용출 저감, Brucite, Apatite-mineral

## 1. 서론

퇴적물내 초기속성화(early diagenesis) 과정시 유기물은 박테리아를 매개로 하는 다양한 산화제들(oxidants)에 의해 분해되며, 주로 전자수용체(electron acceptor)로서  $O_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $MnO_2$ ,  $Fe(OH)$ ,  $SO_4^{2-}$  등이 소모된다.<sup>1)</sup> 혐기성 환경이 되면 박테리아에 의해  $H_2S$ 로 변화되고, 철광물(iron mineral)과 결합하여  $FeS$ 를 거쳐 최종적으로 Pyrite( $FeS_2$ )가 형성 된다.<sup>2)</sup> 최근들어 부

영양화를 저감시키기 위한 방안으로 퇴적물로부터 인 용출을 저감시키기 위해 산화제주입에 대한 in-situ capping 연구가 활발히 이루어지고 있다.<sup>3~5)</sup> 캐나다, 일본 및 유럽에서는 오염퇴적물로부터 인 용출 저감을 위한 방안으로 capping 처리에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다.<sup>6,7)</sup> Capping에 주로 사용되었던 소재로는 모래, 황토, zeolite 등이 있으며, 이들 소재는 오염물질이 수체로 용출되는 것을 효과적으로 차단하였다. 또한, 퇴적물 복원 및 인 용출 제어를 위한 화학적처리(chemical treatment)로서 독일에서 Depox<sup>®</sup>Fe(nitrate storage compound)와 calcite 등을 적용한 바 있다.<sup>8)</sup> 이와 같이 국외에서는 in-situ 처리의 현장 적용을 통한 Mesocosm 연구가

<sup>†</sup> Corresponding author  
E-mail: mklee72@empal.com  
Tel: 031-400-1461

Fax: 031-400-1465

활발히 진행 중에 있으나, 국내에서는 모래 및 Gypsum (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O)에 대한 연구만이 제시된 바 있다.<sup>9,10)</sup> 따라서, 본 연구에서는 여름철 수온 상승 및 급격한 DO 감소로 인해 퇴적물 내 인 용출 부하가 큰 지역의 퇴적물을 대상으로 Brucite(B, Mg(OH)<sub>2</sub>), Sea sand(SS, SiO<sub>2</sub>), 기존 연구에서 인 용출 제어에 효과적으로 제시된 바 있는 Gypsum (G, CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O) 및 Double layer(D, brucite+sand)를 이용하여 퇴적물을 capping 처리 후 인 용출 제어 효과를 비교평가하였다.

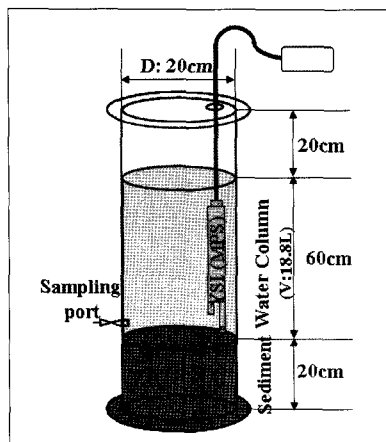
## 2. 실험재료 및 방법

실험에 사용된 퇴적물 시료는 평균입도(Mz, Mean grain size) 8.8Φ로 매우 세립한 Mud로 조성되어 있으며, 유기탄소(C<sub>org</sub>) 함량 2%, 강열감량(LOI, Loss on ignition) 7%의 인공습지 (constructed wetlands) 퇴적물을 사용하였다(Table 1). ICP-MS로 분석한 퇴적물내 금속의 함량은 Al, Fe, Mn, Cr, Cd, Cu, Zn, Pb가 5.1%, 2.8%, 227.6 μg/g, 50.4 μg/g, 25.5 μg/g, 91.7 μg/g, 0.3 μg/g, 100.5 μg/g으로 각각 나타났다(Table 1). 이때의 SRM(Standard Reference Material, MAG-1)으로 분석한 각각의 회수율은 Al(92.2%), Fe(96.4%), Mn(82.3%), Cu(89.3%), Pb(91.1%), Cr(95.9%), Cd(125.9%), Zn(90.3%)으로 높게 나타났다.

용출 실험에 사용된 아크릴 컬럼의 용적은 25 L(20 cm(D) × 80 cm(H))의 규모로 퇴적물 층 20 cm(16 kg), 수층 18.8 L로 채워 퇴적물과 수층 비율을 1:3으로 하였다(Fig. 1). 실험에 사용된 capping 소재로는 Brucite(B, Mg(OH)<sub>2</sub>), Sea sand(SS, SiO<sub>2</sub>), Gypsum(G, CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O) 및 Double layer(D,

**Table 1.** Chemical properties of sedimentary using experimental set up

parameter	Mz	LOI	C <sub>org</sub>	Al	Fe	Mn	Cr	Cd	Cu	Zn	Pb
	Φ	%			μg/g						
sediment	8.8	7.0	2.0	5.1	2.8	227	91.7	0.30	50	101	26



**Fig. 1.** Schematic diagram of experimental setup for phosphorus release experiments.

**Table 2.** Operating parameters and capping materials

parameters	Operating condition
Volume(L)	25
Sediment layer(cm)	20 cm(16 kg)
Water column(cm)	60(18.8 L)
Capping materials	Brucite(B), Seasand(SS, 5 cm), Gypsum(G), Double layer(D, Brucite + Sand 5 cm)

**Table 3.** Water properties of pore water and surface water

Pore water					Surface water				
TCOD <sub>Cr</sub>	T-P	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		TCOD <sub>Cr</sub>	T-P	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Chl-a
mg/L					mg/L				μg/L
68	1.0	0.30	0.0		43	0.08	0.005	100	110

brucite+sand)를 사용하였다(Table 1). Brucite(Mg(OH)<sub>2</sub>)는 직경 0.5 cm 이하의 과립(granular type) 형태 20 g을 주입하였다. Sea sand의 경우, SiO<sub>2</sub>가 99% 이상, 20 mesh 입경으로 5 cm 두께로 capping을 하였다. Gypsum은 경우, 퇴적물내 유기물을 산화시키는데 필요한 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도인 100 g을 주입하였다.<sup>11)</sup> 복합소재의 경우는 과립의 Brucite 20 g을 넣고, 그 위에 일반 복토 5 cm로 capping하여 double layer를 형성하였다.

퇴적물내 공극수의 성상은 TCOD<sub>Cr</sub>, TP, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>의 농도가 68 mg/L, 1.0 mg/L, 0.3 mg/L으로 각각 나타났으며, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 농도는 거의 없는 것으로 나타나 퇴적물내 환원환경을 나타내었다(Table 3). 수층의 초기성상은 TCOD<sub>Cr</sub>, TP, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Chl-a 농도가 43 mg/L, 0.08 mg/L, 0.005 mg/L, 100 mg/L, 110 μg/L로 각각 나타났었다(Table 3).

용출 실험 동안 용기의 외부를 foil로 싸서 빛을 차단하였으며, 빠른 용출 효과를 보기 위해 뚜껑을 덮어 무산소(anoxic) 환경을 조성하였다. 퇴적물내 입도 분석은 X-선 자동입도분석기 Sedigraph-5100(Micromeritics Instruments Corp.)를 이용하였으며, 총 탄소의 함량은 CHN-analyzer(CE Instrument; Flash-1120)를 사용하여 분석하였다. 수층 DIP(Dissolved inorganic phosphorus, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P), COD, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도는 Standard method(APHA, 1995)에 의해 분석하였다.<sup>12)</sup> Temp., DO, pH, conductivity는 다용도수질측정기(YSI 6600, MPS)을 이용하여 측정하였다. 퇴적물내 ORP와 pH는 pH, ORP meter(SG2, Mettler Toledo)로 측정하였다.

## 3. 결과

각 컬럼별 수온, DO, pH, 전기전도의 변화 특성을 보면, 수온은 29.5℃에서 10일 경과 후, 기온 하강으로 인해 25℃ 이하로 낮아졌다(Fig. 2). 수온은 인 용출에 있어서 중요한 factor로 오염퇴적물의 경우 봄, 여름철 인 용출량이 높고, 가을, 겨울철에 낮아진다.<sup>13)</sup> 채수 당시 8월에는 녹조 발생이 심각한 시기로 수층 chlorophyll-a 농도가 110 μg/L로 매우 높게 나타났다. 따라서, DO의 변화 곡선을 보면 DO 농도가 초기에 16.0 mg/L로 매우 높았으며, 무산소(anoxic) 환경 조성으

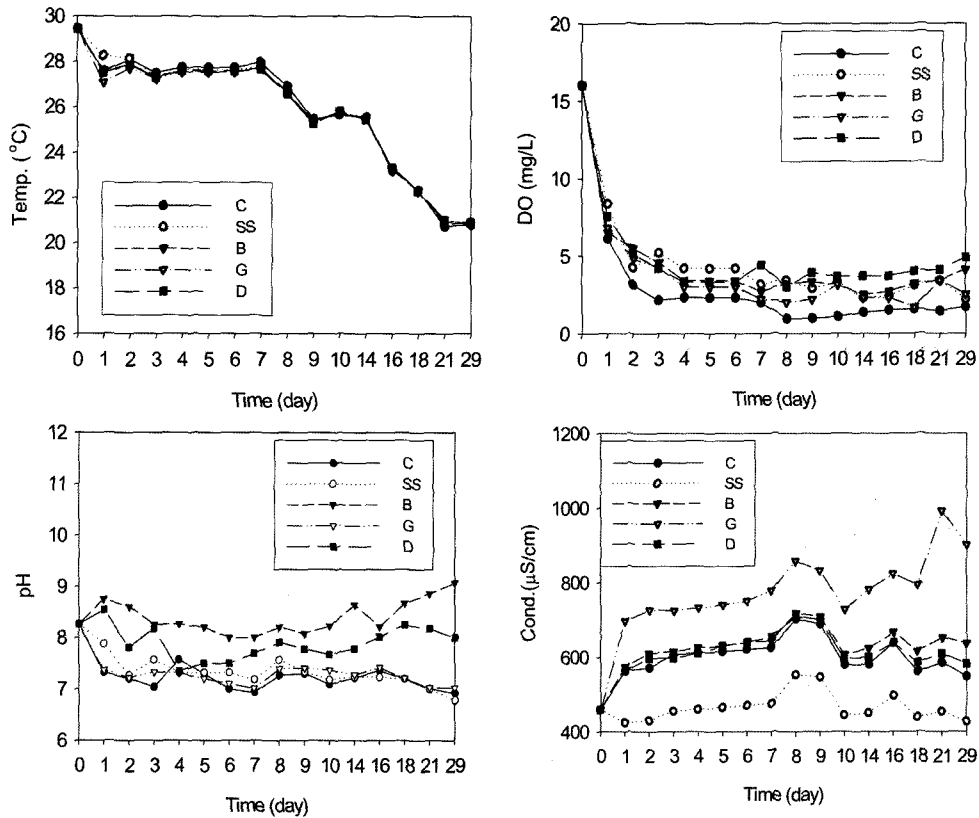


Fig. 2. Variation of Temperature, DO, pH, and conductivity on incubation time with various capping materials.

로 8일 경과 후, 1.0~4.0 mg/L까지 모든 컬럼에서 급격히 감소하는 것을 알 수 있다(Fig. 2). 이론적으로 수온과 DO 포화도의 관계를 볼 때 DO 농도가 16.0 mg/L로 상승하기 어렵다. 그러나 녹조나 적조 등이 발생할 경우, 식물플랑크톤의 대증식으로 인한 활발한 광합성으로 DO 농도가 높아질 수 있다.<sup>14)</sup> Control의 경우, 2일 경과 후 3 mg/L 이하로 급격히 낮아지는 경향을 보였으며, Double layer로 capping한 컬럼은 약 4 mg/L로 다른 컬럼과 비교하여 다소 높게 유지되었다. pH는 pH 2 이하, pH 13 이상에서 인 용출율이 높다고 제시된 바 있다.<sup>13)</sup> Brucite를 적용한 컬럼을 제외하고, 나머지 컬럼에서의 pH는 7.3~7.9의 범위를 보였다. Brucite(Mg(OH)<sub>2</sub>

를 적용한 컬럼의 수층 pH는 평균 8.3으로 다소 높게 나타났다(Fig. 2). 수층 전기전도는 평균 SS 469 μS/cm, C 601 μS/cm, B 621 μS/cm, D 613 μS/cm, G 734 μS/cm로 각각 나타났다(Fig. 2). Gypsum(CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O)을 적용한 컬럼의 경우, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 용해도로 인해 가장 높은 전기전도 값을 보였다(Fig. 2).

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 농도 변화를 보면, Gypsum을 제외한 다른 컬럼에서는 모두 100 mg/L를 유지한 반면, Gypsum을 적용한 컬럼에서는 400 mg/L까지 높아진 것을 알 수 있다(Fig. 3). 음용수 수질기준에 보면 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 농도는 200 mg/L로 제시되어 있어, 호소 퇴적물의 경우, 다량 주입을 할 경우 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도

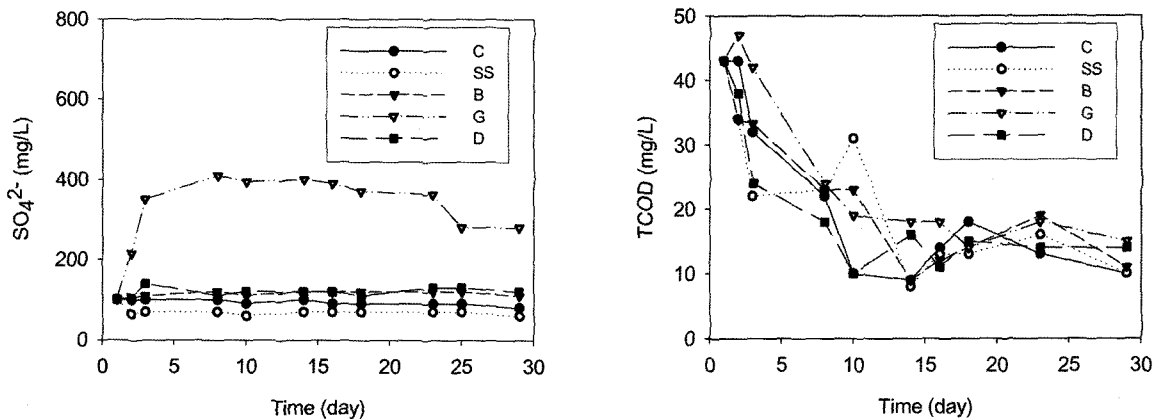


Fig. 3. Variation of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and TCOD concentration on incubation time and flux with various capping materials.

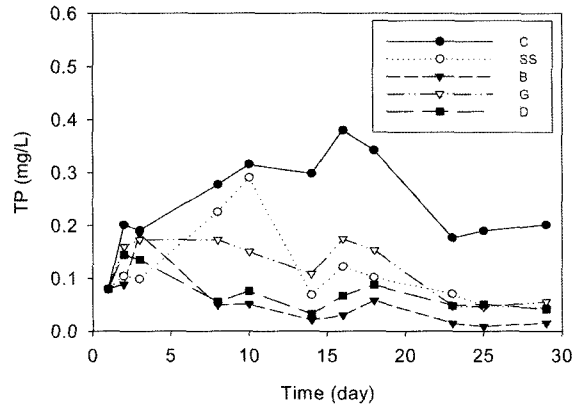
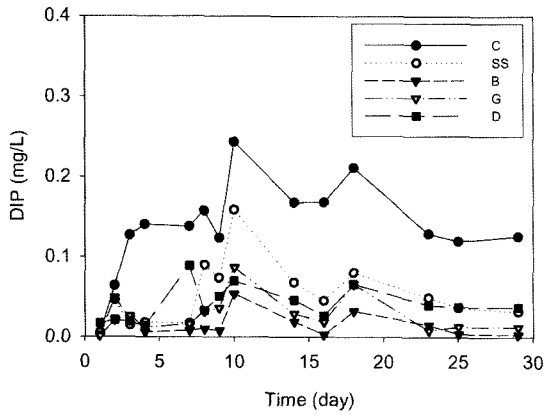


Fig. 4. Variation of DIP and TP concentration on incubation time and flux with various capping materials.

가 문제시될 수 있다. 그러나 인 용출이 높은 봄, 여름철에 한시적으로 적용하고, 수체의 회석 등을 고려한다면 400 mg/L 정도는 크게 문제시 되지 않을 것으로 사료된다. 적용 수층 COD 농도 변화는 초기 43 mg/L에서 10일 경과 후 10 mg/L 까지 모든 컬럼에서 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 이는 수층에 존재하던 식물플랑크톤의 사멸과 세균 등의 유기물 분해로 인해 COD 농도가 10일 이후 급격히 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 3).

실험 기간 동안 DIP의 농도 변화는 Control의 경우, 10일 경과 후 0.244 mg/L로 급격히 증가하였다(Fig. 4). 10일 이후, 수온이 25°C 이하로 하강하면서 인 용출이 서서히 감소하는 것을 알 수 있다. Sea sand로 5 cm를 capping한 경우 역시, 10일 경과 후 0.159 mg/L로 증가되었다가 서서히 감소하였다. 특히 Sea sand 층은 퇴적물내 CH<sub>4</sub> gas로 인해 8일 경과 후 재부유가 일시적으로 발생하는 것으로 나타났다. B, G, D를 적용한 컬럼의 경우, 모두 0.05~0.08 mg/L의 범위로 높은 인 용출 제어 효과를 보였다. TP 역시, Brucite의 인 제어 효율이 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 4).

### 4. 고찰

#### 4.1. 퇴적물로부터의 인 용출 제어 효과

인 용출 실험기간 동안 각 소재별 인 용출 flux는 C > SS > G > D > B로 각각 14.6 mg/m<sup>2</sup>·d, 9.5 mg/m<sup>2</sup>·d, 5.2 mg/m<sup>2</sup>·d, 4.2 mg/m<sup>2</sup>·d, 3.1 mg/m<sup>2</sup>·d 순으로 나타났다(Fig. 5). Sea sand의 경우, 35%의 저감 효율을 보이는 바, 5 cm의 두께로는 충분한 압밀이 이루어지지 않는 것을 알 수 있다. Gypsum은 64%의 저감 효율을 보였으며, Double layer (B+sand)층과 Brucite만을 적용한 경우에는 70% 이상의 높은 인 제어 효율을 보였다. Brucite(Mg(OH)<sub>2</sub>)를 capping 소재로 적용할 경우, 인이 광물 형태(Mg<sub>3</sub>(OH)(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)로 전환되어 인의 용출이 저감되는 것으로 사료된다(식 1).<sup>15)</sup>

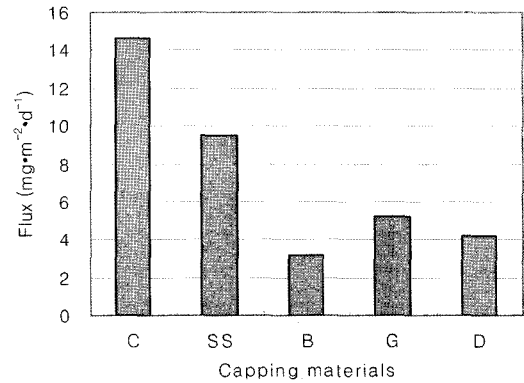
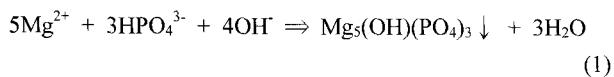


Fig. 5. Fluxes of phosphate release from sediments.

30일 이후, 공극수내 DIP 농도와 수층 농도를 분석한 결과 capping의 효율이 높은 B, G, D에 0.042~0.047 mg/L로 수층과 비교하여 5~10배 이상 높은 농도를 보였다(Table 4). Table 3에서 제시한 바와 같이 실험 초기 공극수내 존재하던 DIP 농도는 0.3 mg/L로 30일 경과 후, C, SS의 경우는 약 77%의 DIP가 줄어들었으며, 대부분 수층으로 용출된 것으로 보인다. 반면, B, G, D를 적용한 컬럼의 경우 약 86%가 감소되었으며, 수층으로의 용출율이 매우 작은 것을 고려해 보면, 광물의 형태인 Mg<sub>3</sub>(OH)(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 또는 Apatite-P의 형태로 변화된 것으로 판단된다. 30일 경과 후, 퇴적물 공극수내 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도 변화를 보면, gypsum을 적용한 퇴적물내 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도가 1,650 mg/L로 다른 컬럼과 비교하여 20배 이상 높은 농도를 보였다(Table 4). 이때 수층의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도는 330 mg/L로, gypsum 적용시 퇴적물로 충분한 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 공급이 이루어지는 것을 알 수 있다. 이러한 sulfate 공급은 SRB(sulfate reducing bacteria)의 활성 높여 methanogenesis의 진행을 저하시킬 수 있을 것으로 사료된다.<sup>16)</sup>

Table 4. Concentrations of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in pore water of sediments(unit : mg/L)

	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>					PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>				
	C	SS	B	G	D	C	SS	B	G	D
water	80	70	110	330	100	0.053	0.025	0.004	0.008	0.005
porewater	80	80	80	1,650	40	0.070	0.070	0.042	0.047	0.045

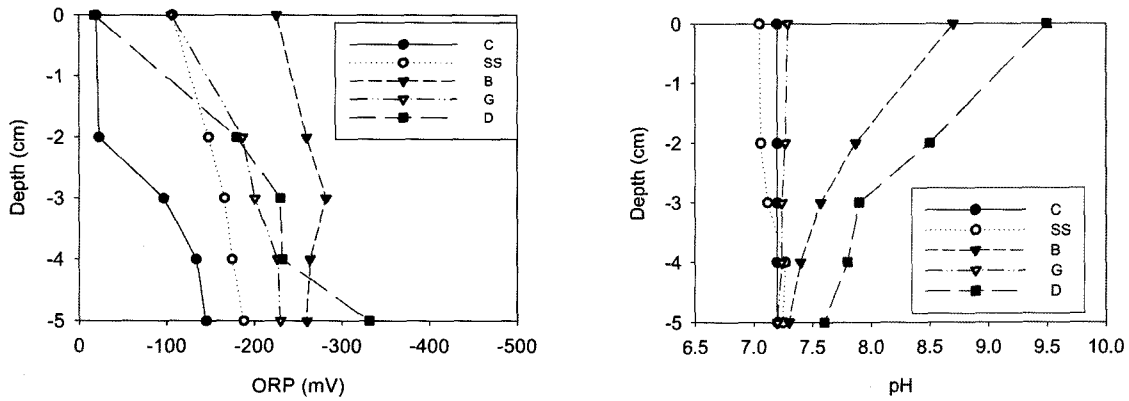


Fig. 6. Variations of ORP and pH in surface sediments after 30 days.

4.2. 퇴적물 내 ORP, pH의 변화 특성

30일 경과 후, 표층 퇴적물내 ORP의 변화 특성을 보면, Control의 경우는 -20~-145 mV의 범위를 보였다. 반면, 인 제어 효율이 가장 높았던 Brucite를 적용한 퇴적물내 ORP는 표층 1~2 cm에서 -226 mV로 초기속성화작용(early diagenesis)이 가장 빠르게 진행됨을 알 수 있다(Fig. 6).<sup>11)</sup> Double layer(B+sand)를 적용한 퇴적물 역시 -18~-331 mV의 환원 환경을 나타내었다. 퇴적물내 pH는 Brucite를 적용한 B, D 컬럼내 표층퇴적물에서 8~9.5로 약알카리성을 유지하는 것을 알 수 있다(Fig. 6). 즉, Gypsum(CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O)을 적용하면 Ca-P 공침, CH<sub>4</sub> gas 발생 저감에 따른 수층으로의 인 용출 저감 및 Apatite-P fraction의 증가로 광물화 촉진이 이루어지는 반면, 수층 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 농도가 증가되는 단점이 있다.<sup>9)</sup> 그러나 Brucite의 경우, 퇴적물을 약알카리성으로 유지하여 황산염환원균(sulfate reducing bacteria)이 증식할 수 없는 환경을 조성하여 생물에 독성이 있는 H<sub>2</sub>S 발생을 억제할 수 있다. 특히, 이러한 영향으로 Fe(OH)<sub>3</sub>와 같은 적색의 침전물이 형성되지 않아 수층 탁도가 초기 12 NTU에서 2 NTU 이하로 낮아지는 효과를 보였다. 한편, C, SS, G의 경우, 퇴적물내 pH는 7.5 이하로 낮게 나타났으며, 이는 퇴적물내 초기속성화과정시(Early diagenesis) O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, MnO<sub>2</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 등이 소모되고 이 과정에서 수소이온이 공극수에 공급되어 pH가 낮아짐을 알 수 있다(Fig. 6).

5. 결론

1) 퇴적물로부터 인 용출 저감을 위한 최적의 capping 소재를 제시하고자 인 용출실험을 약 30일간 실시하였다. 각 소재별 인 용출 flux는 C > SS > G > D > B로 14.6 mg/m<sup>2</sup> · d, 9.5 mg/m<sup>2</sup> · d, 5.2 mg/m<sup>2</sup> · d, 4.2 mg/m<sup>2</sup> · d, 3.1 mg/m<sup>2</sup> · d 순으로 나타났다. Sea sand는 35%의 저감 효율을 보였으며, Gypsum은 64%, Double layer(B+sand)와 Brucite를 적용한 컬럼에서 70% 이상의 높은 인 제어 효율을 보였다.

2) Gypsum을 적용한 컬럼에서 퇴적물내 공극수에 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 농도가 1,650 mg/L로 다른 컬럼과 비교하여 20배 이상 높은 농도를 보였다. 즉, Gypsum 적용시 퇴적물에 충분한 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

공급이 이루어져 SRB(sulfate reducing bacteria)의 높은 활성으로 methanogenesis의 진행을 저하시킬 수 있는 것으로 판단된다.

3) 30일 경과 후, 인 제어 효율이 가장 높았던 Brucite를 적용한 퇴적물내 ORP 변화는 표층 1~2 cm에서 -226 mV로 control에서 -20 mV와 비교시 초기속성화작용(early diagenesis)이 빠르게 진행되는 것으로 나타났다. 퇴적물내 pH 변화는 Brucite를 적용한 컬럼에서 8~9.5로 약알카리성을 유지하는 것으로 나타났다. 이러한 효과는 퇴적물을 약알카리성으로 유지하여 황산염 환원균이 증식할 수 없는 환경을 조성하여 생물에 독성이 있는 H<sub>2</sub>S 발생을 억제시킬 수 있다.

사 사

본 연구는 한국수자원공사 “시화호 인공습지 수질정화 기능 향상 연구(2006)” 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Gilmour, C., “Effects of acid deposition on microbial processes in natural,” In: Mitchell R.(Ed.). Environmental microbiology. Division of Applied Sciences, Harvard University. Cambridge, MA: Wiley-Liss.Inc., 33~57(1992).
- Kotama, T., “Biochemical reduction process in the lake sediment-water interface,” on the basis of laboratory experiment, *Verh Internat Verein Limnol.*, **24**, 3036~3043 (1991).
- Assessment and remediation of contaminated sediments (ARCS) program remediation guidance document, III : Great lakes national program, US EPA(EPA 905-B94-003), Chicago(1994).
- James, D. Q., Heather, M. V., Joseph, E. M., and Lawrence, J. M., “Pilot-scale demonstration of in-situ capping of PCB-containing sediments in the lower grasses river,” *Remediation*, Wiley Periodical, Inc. 33~53(2003).

5. Schaanning, M., Breyholtz, B., and Skei, J., "Experimental results on effects of capping on fluxes of persistent organic pollutants(POPs) from historically contaminated sediments," *Marine Chemistry*, **3**, 14~28(2006).
6. Josě, J. Z., Alex, M., Alena, R., and Tim, P., "Assessment of sediment and porewater after one year of subaqueous capping of contaminated sediments in Hamilton Harbour, Canada," *Water Science and Technology*, **37**, 323~329(1998).
7. Patrick, J. and Ulrich, F., "Concept of subaqueous capping of contaminated sediments with active barrier systems(ABS) using natural and modified zeolites," *Water Research*, **33**(9), 2083~2087(1999).
8. Gerlinds, W., Thomas, G., and Klaus, K., "Sediment treatment with a nitrate-storing compound to reduce phosphorus release," *Water Research*, **39**, 494~500(2005).
9. 김석구, 이미경, 안재환, 윤상린, 김소정, "호소퇴적물로부터 인 용출 저감을 위한 capping 처리," *대한환경공학회지*, **28**(4), 438~446(2006).
10. 김건하, 정우혁, 최승희, "호소 저지의 인 용출 제어를 위한 모래 캡핑," *대한토목학회지*, **26**, 125~130(2006).
11. Froelich, P. N., Klinkharmer, G. P., Bender, Luedtke, N. A., Heath, G. R., and Cullen, D., "Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern Equator Atlantic: suboxic diagenesis," *Geochim. Cosmochim. Acta*, **43**, 1075~1090(1979).
12. APHA, AWWA and WEF, *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 20th edition, Washington D.C., USA(1998).
13. Kim, L. H., Choi, E., and Stenstrom, M. K., "Sediment characteristics, phosphorus types and phosphorus release rates between river and lake sediments," *Chemosphere*, **50**, 53~61(2003).
14. Lee, J. H. W., Hodgkiss, K. J., and Wong, K. T. M., "Real time observations of coastal algal blooms by an early warning system," *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 172~190(2005).
15. Stumm, W. and Morgan, J. J., "Aquatic chemistry," Wiley Interscience, New York, **3rd** ed., 583(1996).
16. Eila, V., Anu L., Veli-Pekka, S., and Pertti, J. M., "A new gypsum-based technique to reduce methane and phosphorus release from sediments of eutrophied lakes:(Gypsum treatment to reduce internal loading)," *Water Research*, **37**, 1~10(2003).