

## 부신식회를 활용한 휴·폐 석탄광산 폐기물에서 유출된 침출수의 인정회

김희중, 양재익\*, 옥용식\*, 유경열\*, 박병길\*\*, 이재영\*\*\*, 전상호

강원대학교 환경학과, \*\*강원대학교 생물환경학부, \*\*웅진 환경사업부, \*\*\*서울시립대학교 환경공학부  
(hjkim60@cc.kangwon.ac.kr)

### Abstract

Objectives of this research were to reclaim the coal mine overburdens using the lime waste cake from the soda ash production by stabilizing the overburden slopes, introducing neutralizing the AMD from runoff and leachate in an attempt find the sink to dispose the lime wastes and alleviate the environmental problems caused by the closed coal mines.

The pH changes of the runoff and leachate collected in the tanks at the end of the experimental plots, averaged over measurements from April to August, indicated that the runoff pH of the coal overburden was 4.3 but increased significantly to the ranges of 6.7 to 7.1 with treatments of the calcites and lime wastes.

This might be related with the decreases in Fe concentrations in the runoff and leachate from the coal overburdens. The Fe concentrations in the runoff seemed to increase with the amounts of precipitation.

Results demonstrated that the amounts of lime wastes at 25% of the lime requirement were sufficient for neutralizing the acidic coal overburden. Either layering between the coal waste and topsoil or mixing with coal overburdens could be adopted as the lime waste treatment method. The lime wastes from the soda ash production might have a potential to be recycled for the reclamation of the abandoned coal mines to alleviate the environmental problems associated with coal mine waste.

### I. Introduction

강원 동남부지역은 석탄산업의 사양화에 따라 정부에서는 1989년 석탄산업 합리화 사업 정책을 실시하여 대부분의 석탄광산들이 폐광, 감산정책 등으로 많은 탄광이 폐광되었다.

이러한 현상은 그 동안 탄광활동에 의해 발생된 폐재나 저질탄 등이 그대로 방치되어 있으며, 또한 폐광으로 이해서 발생된 폐갱구에서는 중금속들이 함유된 악성 산성 폐수가 하천으로 흘러들어 하천 생태계 파괴, 주변 농경지 및 토양을 오염시키고 있다. 또한 산성광산배수의 생성과정에서 발생하는 백화현상 및 Yellow boy현상은 주변하천 경관을 해치고 있다(1998, Kim).

폐·석탄광에서 주로 발생하는 폐기물로는 폐석, 광미 및 산성광산배수 등이다. 특히 이들은 유해 중금속들을 다량 함유하고 있어 주변생태계를 교란시키고 있다. 특히 산성을 띤 갱내수가 폐석, overburden, 저질탄 등의 고형 폐기물에 침투되면 높은 수소이온 등에 의해 폐재에 포함된 중금속 등이 함께 용출되어 인근 하천의 수질오염과 더불어 하천 퇴적층에 백화현상 및 Yellow boy현상 등 심각한 부작용을 나타내고 있다(2001, Yang).

폐 광산 지역 내에서의 이러한 광해문제는 장기간 지속되는 현상이다. 그대로 방치해 둘 경우 그 영향권은 더욱 확산되어 광해문제는 더욱 심각한 사태로 발전될 것이다. 광해현상은 자연경관을 해침은 물론이거니와 생태계에 미치는 영향도 우려하지 않을 수 없으며, 결국에 가서는 인간의 생활환경에도 직접적인 영향을 미치기 때문이다(2003, 김 등).

폐 광산 지역의 다양한 생태계의 요소가 유기적으로 연관성을 갖는 공간단위로 폐광지역이 변모할 수 있도록 하는 즉, 자연 생태계 전체의 질을 향상시키기 위해 폐 광산지역 에코토프(Ecotop) 형성 시스템을 구축해 나감이 바람직할 것이다.

폐광지역의 복원방법은 오염의 종류에 따라 갱내수 처리, 폐석에서 방출되는 침출수 처리, 사면 안정을 위한 폐석의 처리, 복토제의 처리, 식생의 적합성 등을 고려한 토양개량 등이 있다. 이 중 산성 폐수나 침출수를 처리하는데는 일반적으로 중화법이 널리 사용되고 있으며, 이를 위해 limestone, hydrated lime, quicklime, soda ash 등의 alkalinity가 높은 화합물이 사용되고 있는 것으로 알려져 있다 (Yang et. al., 2001).

폐석회의 경우도 이러한 활용 가능한 범주에 속하는 특성을 지니고 있어 산림복원 및 수질개선 등 광해방지 사업에 적용 가능성을 연구할 필요성이 있다. 폐 석회는 입자가 매우 미세하며, 투수속도 ( $1.0 \times 10^{-8} \sim 0.5 \times 10^{-9} \text{cm/sec}$ )가 낮은 것으로 알려져 있다.(동양화학, 1998). 또한 강알칼리성으로 Ca, Mg, Na 등의 염류를 다량 함유하고 있기 때문에 이러한 물리적, 화학적 특성을 고려한 재활용방안을 연구할 필요성이 매우 크다.

본 연구는 폐 탄광 지역에서 발생하는 광해문제를 해결하는 방법으로 소다회 제조 과정시 부산물로 발생하는 폐석회를 이용하여 폐석탄단지에서 유출되는 침출수에대하여 수질개선을 위한현장 적용 가능성을 평가하였다.

## II. 실험 및 방법

### 1. 시험재료의 화학적 특성 (ICP에 의한 분석) 및 물리화학적 특성 조사(XRF, XRD에 의한 분석)

폐석탄, 부산석회, 복토제의 화학적 특성을 파악코자 ICP(유도플라즈마 발광광도계)를 이용하여 각각의 구성성분을 분석하였고, 물리화학적 특성은 X선 형광분석기(XRF)와 결정구조에 대한 분석은 X선 회절분석기(XRD)를 사용하였다. 부산석회의 입자에 대한 크기 분포를 알아보코자 Malvern Mastersizer S 입도분석기를 사용하여 입도 분석을 수행하였다.

### 2. 목표하는 pH를 설정을 위한 석회요구량 산출

완충곡선식을 이용하여 목표하는 pH를 설정하고 그에 따른 석회요구량을 산출할 수 있다. 본 연구에서는 목표 pH를 7.0으로 하여 석회요구량을 산출하였으며, 그 결과 복토제의 경우 36.75 kg/10a의 석회( $\text{CaCO}_3$ )가 요구되었으며, 폐 석탄의 경우는 1659.90 kg/10a의 석회( $\text{CaCO}_3$ )가 요구되었다(Fig. 1).

이 값을 부산석회의 양으로 환산하면 복토제의 경우 61.54 kg/10a, 폐 석탄의 경우는 2779.49 kg/10a의 부산석회가 투입되었다.

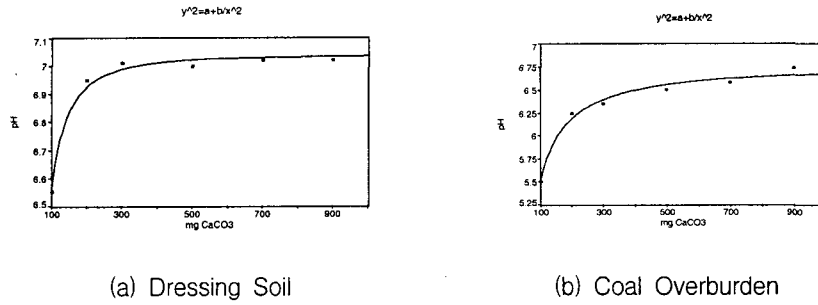


Figure 1. The buffer curve of the lime requirement for (a) dressing soil and (b) coal overburdens.

### 3. Field Application Experiment

현장적용에 의한 활용성 검증을 위해 2002년 9월부터 12월까지 강릉시 옥계면 금진리 산 81번지에 위치해 있는 와룡 7개의 폐석단지에 Fig. 2과 Fig. 3과 같이 시험포장을 조성하여 2003. 4월에서 8월말 까지 강수량에 의한 침출수 변화를 검토하기 위한 현장실험을 행하였다.

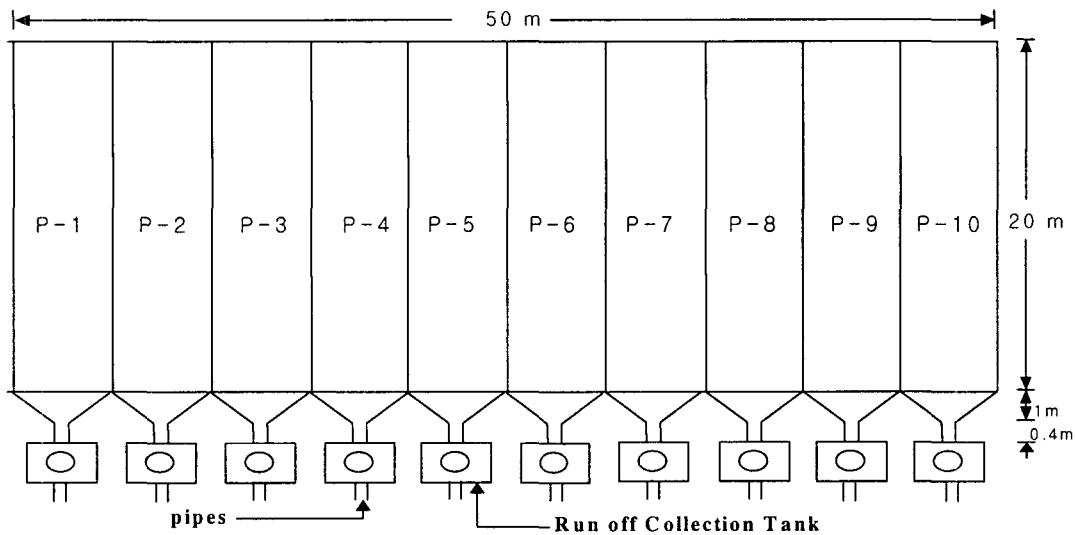


Figure 2. Layout of the experimental runoff segment plots with runoff and leachate collection reservoirs.

폐 석탄광산 고품 폐기물 처리 방법의 한 가지인 사면 안정화 시험을 하기 위하여 와룡 7개에서 발생한 폐석더미 위에 처리한 시험포장 공사는 Table 1과 같으며 시험구 공사의 면적은 약 1000 m<sup>2</sup> (50 m×20 m) 이며, 높이는 0.6 m로 하였다(Fig. 3).

부산석회의 처리량은 폐 석탄과 복토제의 석회요구량 (Lime Requirement)에 의해 결정하였고, 복토제는 인근 야산에서 채취한 마사토를 사용하였다.

경사면 하단부에 유거수 채취시설을 설치하여 침출수와 유출수를 주기적으로 수거하였다. 강우를 모사하기 위하여 표면에 점적 관수 장치를 설치하였으며, 수거된 침출수와 유출수 중의 이화학적 성분조사를 위해 pH 및 EC, 양이온(K, Ca, Mg, Na), 중금속 (Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn 등), 음이온 (Cl, SO<sub>4</sub>) 등을 분석하였다.

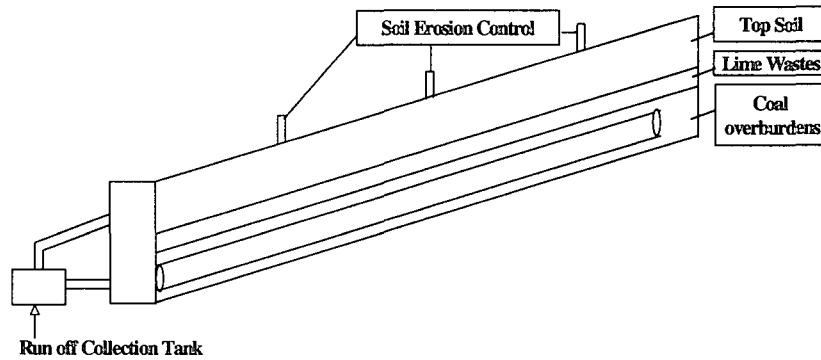


Figure 3. Side view of the experimental at runoff segment plots.

Table 1. Treatment plots of the field experiment.

Plot No.	Treatments	Lime Treatments Methods
1	Coal Overburdens only	-
2	Coal Overburdens+Lime waste(LR 100%)	Layered
3	Coal Overburdens+CaCO <sub>3</sub> +Dressing Soil	Layered
4	Coal Overburdens+CaCO <sub>3</sub> +Dressing Soil	Mixed
5	Coal Overburdens+Lime Wastes (LR 100%)+Dressing Soil	Layered
6	Coal Overburdens+Lime Wastes (LR 100%)+Dressing Soil	Mixed
7	Coal Overburdens+Lime Wastes (LR 50%)+Dressing Soil	Layered
8	Coal Overburdens+Lime Wastes (LR 50%)+Dressing Soil	Mixed
9	Coal Overburdens+Lime Wastes (LR 25%)+Dressing Soil	Layered
10	Coal Overburdens+Lime Wastes (LR 25%)+Dressing Soil	Mixed

\*Grasses: Orchard grass (*Dactylis glomerata* L), Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis* L.)and Eulalia (*Miscanthus sinensis* Anderss); Trees: Pine tree (*pinus densiflora* S. et Z.), *Betula platyphylla* var. *japonica* and *almus firma* S. et Z.)  
 LR: Lime requirement as CaCO<sub>3</sub>

#### 4. Data의 분석

각 시기별 채취된 시료의 3반복 평균수치는 통계처리 프로그램(Duncan's multiple range test, LSD)으로 비교하였으며, 처리구별로 정해진 시기에 따라 수집된 결과는 Single-degree-of-freedom orthogonal contrasts를 이용하여 처리구별로 비교 분석하였다. 회귀분석(Regression Analysis)의 heterogeneity test를 이용하여 처리구별 회귀 분석된 기울기를 비교하였고, 통계처리는 SAS의 GLM(General Linear Model)를 이용하였고 각 실험은 3반복으로 행하였으며, 제시된 실험결과는 평균값에 대한 실험결과이다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 시험재료(부산석회, 폐 석탄, 복토재)의 화학적 특성과 물리·화학적 특성 (XRF와 XRD)의 한 분석)

부산석회의 pH는 11.24이었으며, EC는 79.55dS/m, 유기물 함량은 0.83%이었고, 폐 석탄의 pH는 3.50, EC는 0.23 dS/m(1:5), 유기물 함량은 1.65%로 EC의 경우 폐 석탄에 비해 부산석회가 약 340배 높은 것으로 나타났으며, 유기물 함량은 부산석회에 비하여 폐 석탄이 약 2배정도 높은 것으로 나타났다(Table 2).

Table 2. Chemical properties of the coal overburden, Lime waste and dressing soil.

	pH (1:5)	EC	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LR	Exchangeable			
						Ca	Mg	K	Na
		dS/m	%	mg/kg	kg/10a	----- cmol(+)/kg -----			
lime waste	11.24	79.55	0.83	7.92	-	233.78	50.54	2.29	77.92
coal overburden	3.50	0.23	1.65	9.13	1659.90	3.90	0.29	0.06	0.07
dressing soil	6.51	0.03	0.08	15.75	36.75	4.54	0.54	0.06	0.12

OM : organic matter

LR : lime requirement (as CaCO<sub>3</sub>)

부산석회의 경우 화학공정을 거쳐 발생하는 부산물이기 때문에 토양개량제 등으로 재활용하기 위해서라든가 용출조건에 따른 용출량을 비교함으로써 처분장소의 선택에 좋은 기준을 제시할 수 있으며, 또한 전량 분석과 비교함으로써 주변환경으로 부터 중금속의 이동성을 간접적으로 판단할 수 있는 기준이 되기 때문에는 가장 먼저 환경적인 영향에 대하여 평가를 실시하여야 할 것으로 판단된다. 이러한 검증을 부산석회와 폐석탄, 복토재의 유해 중금속을 분석한 결과 As, Hg, Cr의 경우는 모두 검출한계 (As: 10 µg/kg, Hg: 20 µg/kg, Cr: 10 µg/kg) 이하였으며, Pb의 경우는 폐 석탄에서 6.90 mg/kg이 검출되어 모두 토양환경보전법 토양오염 우려기준 이하인 규제농도 미만으로 큰 문제가 되지 않는 것으로 나타났다(Table 3).

Table 3. Heavy metal contents in the lime waste, coal overburdens and dressing soil with the guidelines of the Soil Environment Conservation Law.

(Unit :mg/kg)

Metal	Threshold of Danger Levels		Lime Waste	Coal Overburden	Dressing Soil
	Agricultural Area	Factory/Industrial Area			
Pb	100	400	N.D	6.90	N.D
Cu	50	200	N.D	N.D	N.D
As	6	20	N.D	N.D	N.D
Hg	4	16	N.D	N.D	N.D
Cd	1.5	12	0.16	0.19	0.09
Cr	4	12	N.D	N.D	N.D

N.D : not detected

또한 부산석회의 입자에 Particle Size에 대한 입도 크기 분포를 알아보기 위해 Malvern Mastersizer S(Model : Mastersizer 2000) 입도 분석기를 사용하여 입도 분석을 한 결과에서는 전체적으로 2~50µm의 크기를 갖는 입자의 분포가 가장 우세한 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Grain size distribution of the lime wastes.

Grain size distribution (vol.%)		
Clay size (<2µm)	Silt size (2~50µm)	Sand size (50µm~2mm)
8.60	53.1	38.3

## 2. Field Application

부산석회를 이용하여 폐 석탄광산 고품 폐기물 처리 방법의 한 가지인 사면 안정화 시험 및 토양개량제로의 활용 가능성을 평가하기 위해 강릉시 옥계면 금진리 와룡7갱주변에 사면 정리한 시험포장 10개

<Table 1>을 설치하여 강우 시 폐석 등 광산 폐기물로부터 발생하는 유출수에 대하여 각 시험포장별 이화학적 성분 비교 및 부산석회 처리에 따른 식생에 대한 안전성을 연구하였다.

### 가. 유거수 중의 pH 농도 변화

강우를 모사하기 위해 인공 점적관수를 사용하여 관수하려 하였으나 연구기간 동안 비가 자주 내린 관계로 자연적인 강우에 의해 발생한 유거수를 채취하여 pH농도를 측정하였다.

시험포장 설치 후 20mm 강우 시 각 포장별로 수거된 유출수의 pH 조사결과 모든 처리구에서 pH 3.5 정도로 낮은 농도를 나타냈는데, 이는 각 포장별 심층에 존재하는 폐 석탄에 의한 AMD중의  $SO_4^{2-}$ 와 같은 산성 이온에 의한 영향으로 판단된다(Fig. 5).

강수량의 증가와 seed spray 처리 후에는 pH가 6 ~ 7정도로 안정화되는 것으로 조사되었는데 폐석 중의  $SO_4^{2-}$ 의 이동방향이 수분의 이동방향과 동일하여 강우 시 leaching 되었거나 생육조사를 위해 사용된 seed spray에 포함된 약재의 영향으로 pH가 증가된 것으로 사료된다.

강수량 증감에 따라 각 처리구별 pH의 변동이 나타나고 있는 원인은 폐석 중의 Sulfate성분에 의한 영향으로 판단되며 부산석회 층위 처리시 pH가 7.0정도로 안정화되기 까지의 기간 등에 대해서는 추후로도 지속적인 monitoring이 필요할 것으로 판단된다.

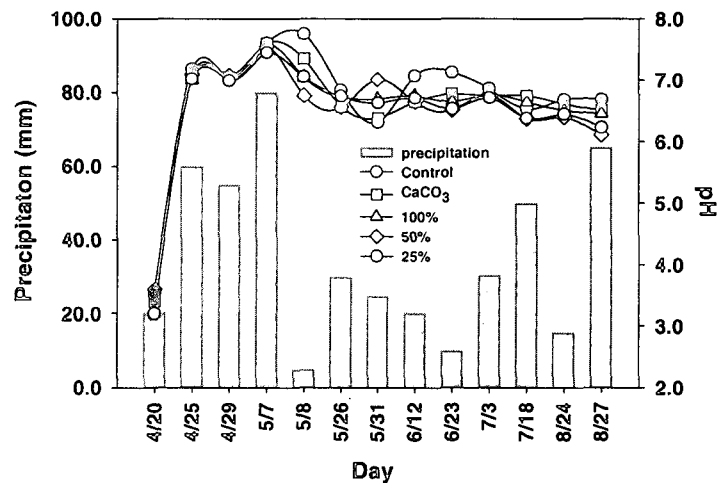


Figure 5. Changes of runoff pH in the field segment plot experiment.

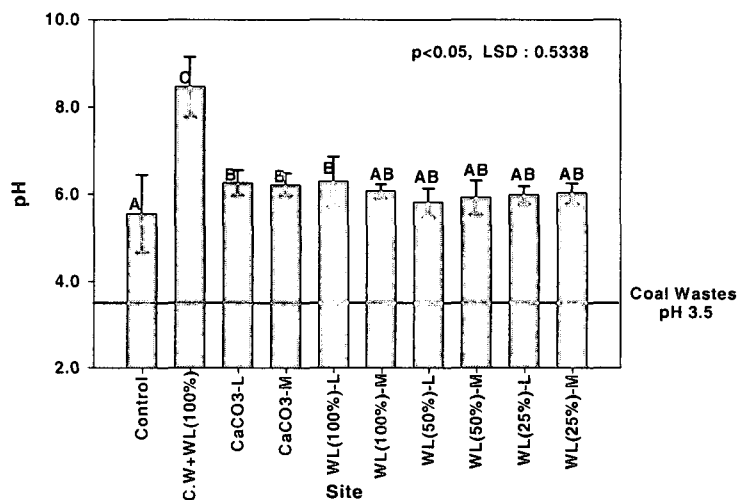


Figure 6. Comparisons of the runoff pHs at each treatment.

각 처리구의 구간별 pH변화는 석탄 폐석과 석회(석회 요구량 100%)를 처리한 구간에서 제일 높은 8.51을 보였고 부산석회를 층위처리와 혼합처리한 전 구간의 pH는 6.0을 상회하는 유사한 값을 보였다 (Fig. 6).

토양의 pH는 식물체의 생육에 미치는 직접적인 주요 영향은 높은 수소이온 농도에 의한 효소작용 방해로 단백질 응고, 세포막의 저해로 인한 세포투과성 약화 등에 의하여 작물뿌리의 흡수력이 저하 등을 들 수 있으며, 낮은 pH는 점토광물(특히 규산염 및 가수산화물)의 Al 용출로 인산이 결핍되어 작물에 유해를 미치거나, 염기결핍 및 미량원소 용탈로 양분부족 현상 등에 의해 영향을 주기도 한다. 따라서 산성 토양이 정상 pH 6.5 정도로 유지시키는 것이 식물생장에 중요한 요소이다.

따라서 실험구의 토양 pH는 대조구를 제외한 전 구간에서 6.0을 상회하는 값을 나타내, 식물생육조건에 보다 안정적일 것으로 판단된다.

현장시험 각 처리구간별 발생된 유거수 중의 pH 유의성을 파악하기 위한 통계처리는 Sas package program을 사용하여 분산분석을 실시하고 처리구간별 평균비교는 최소 유의차 검정(LSD)으로 하였으며 pH에 대한 유의성 평가는 95% 신뢰도 구간에서 최소 유의차 0.5460범위에서 실시하였다(Fig. 7).

대조구(Control)와 부산석회를 층위 처리한 후 복토 처리한 처리구(C.W+WL100%)와 복토를 하지 않은 부산석회 처리구간( WL 100, 50%, 25%)과의 유의성 검증결과 대조구(Control)와 부산석회를 층위 처리한 다음 복토 처리한 처리구(C.W+WL100%)

에서의 유의성은 나타나지 않았으나 복토를 하지 않은 부산석회 처리구간( WL 100, 50%, 25%)과는 유의성을 보여 주었다.

대조구와 층위구간에 유의성이 없게 나타난 것은 현장 실험 중 실시한 seed spray에 의한 영향으로 판단된다.

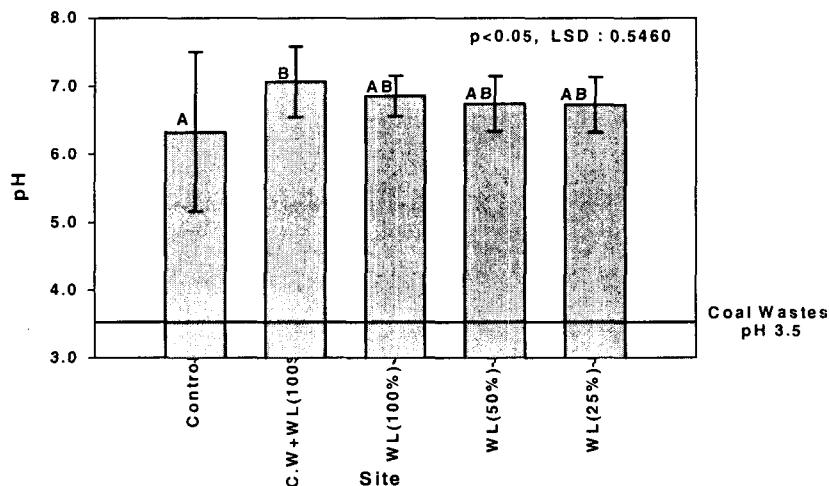


Figure 7. pH difference between the top soil dressing treatment and the control.

#### 나. 유거수 중의 음이온( $Cl^-$ , $SO_4^{2-}$ ) 농도변화

$Cl^-$ 의 경우, 초기 10 mm 강우시 폐 석탄 단일 처리구(Plot 1, 2)와 폐 석탄에 석회석으로 처리한 처리구(Plot 3, 4)에서는 22~25 mg/L(Fig. 8)로 비슷한 수준을 나타냈으나 부산석회로 처리한 시험포장 처리구에서는 Plot.5, 6(부산석회 100%)에서 50 mg/L로 부산석회 25%(Plot 9, 10) 50%(Plot 7, 8)로 처리된 시험포장 보다 높은 농도를 나타냈는데 이는 부산석회중에 함유되어 있는 염분에 기인된 것으로 부산석회 처리량에 비례하여 높게 나타난 것으로 판단되며, 모든 처리구에서 시험포장 설치 4개월경과

후에는 먹는물 수질기준(150 mg/L)에 훨씬 못미치는 5 mg/L이하로 안정화되는 것으로 나타났다.

이러한 결과로 판단할 때, CaCO<sub>3</sub>처리구(Plot 3, 4)나 부산석회로 층위 처리된 처리구(Plot 5~10)에서 염분 유출로 인해 인근 하천에 미치는 영향은 극히 미약할 것으로 사료되며, 특히 폐 석탄에 소요되는 석회 요구량 자체가 미미함으로 장기적인 안목에서 판단해 볼 때 큰 문제는 발생되지 않으리라 생각된다.

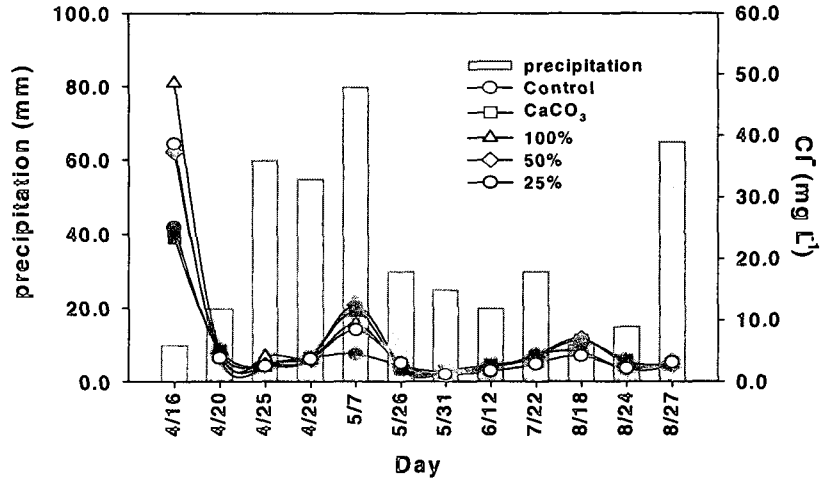


Figure 8. Changes of Cl concentrations in the runoff in the field segment plot experiment.

각 처리구별 염소이온에 대한 유의성에 대한 평가는 95%의 신뢰도 구간에서 최소 유의차 1.27 범위에서 실시하였다(Fig. 9).

그 결과 대조구(Control)와 각 비교구간에는 유의성이 거의 없는 결과를 나타냈으며, 대조구를 제외한 폐 석탄과 석회요구량 100%의 부산석회를 처리한 구, 폐 석탄과 석회요구량 25%, 50%, 100%를 석회 처리 후 복토 처리한 구간에서도 유의성은 나타나지 않았다.

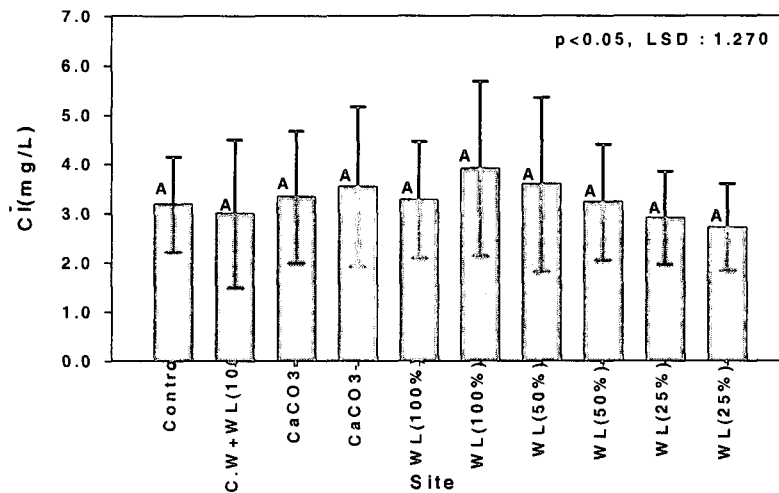


Figure 9. Comparison of Cl concentrations among the treatment combinations.

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 경우 초기 10mm 강우시 모든 처리구 유거수에서 25~28 mg/L수준으로 동일한 농도를 나타내고 있었으나 20mm 강우시 유거수 중의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>농도는 10 mg/L이하 수준으로 낮아졌는데(Fig. 10), Cl과 마찬가지로 대부분 초기 강우에 의한 leaching으로 농도가 현저히 감소되는 것으로 조사되었으며,



폐 석탄으로만 처리된 control구의  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 농도 증가는 폐 석탄 자체내의 Sulfate 성분 농도가 높은 이 유로 강수량증가에 따라 농도 변화가 심할 것으로 예측된다.

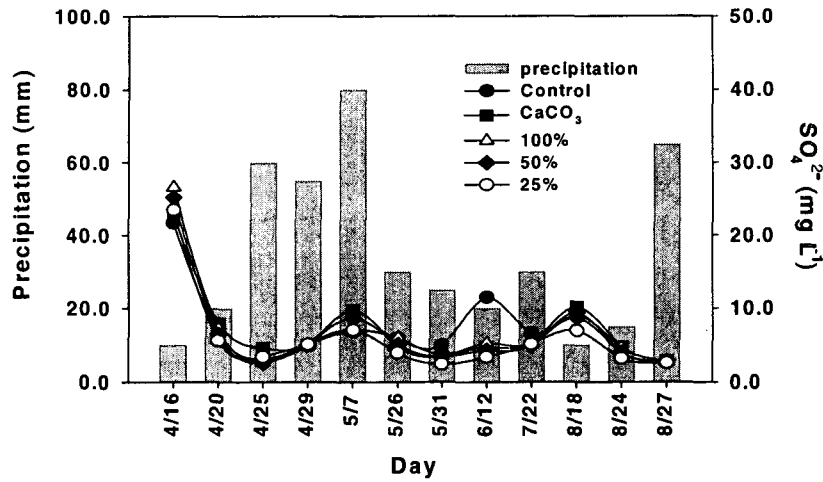


Figure 10. Changes of  $\text{SO}_4$  concentrations in the runoff in the field segment plot experiment.

시험포장 설치 후 40일 경과 후 시험포장 처리구별 유거수내 황산이온의 농도변화는 대조구(Control)에서 6.4 mg/L로 가장 높은 값을 보인 반면, 폐 석탄과 석회요구량 100%를 석회 처리후 복토 처리한 구간에서 4.4 mg/L를 나타내 석회요구량 비가 낮을수록 황산이온의 농도가 감소되는 경향을 보였다.

구간별 유의성에 대한 평가는 95%의 신뢰도 구간에서 최소 유의차 1.847 범위에서 실시하였다. 그 결과 대조구와 각 처리구간에는 유의성이 있는 것으로 나타나 부산석회를 이용해 폐석에서 발생하는 오염물질을 안정화시킬 수 있는 가능성을 예측할 수 있었으며, 대조구를 제외한 폐 석탄과 석회요구량 100%의 부산석회를 처리한 구, 폐 석탄과 석회요구량 25%, 50%, 100%를 석회 처리 후 복토 처리한 처리구간의 유의성은 나타나지 않았다(Fig. 11).

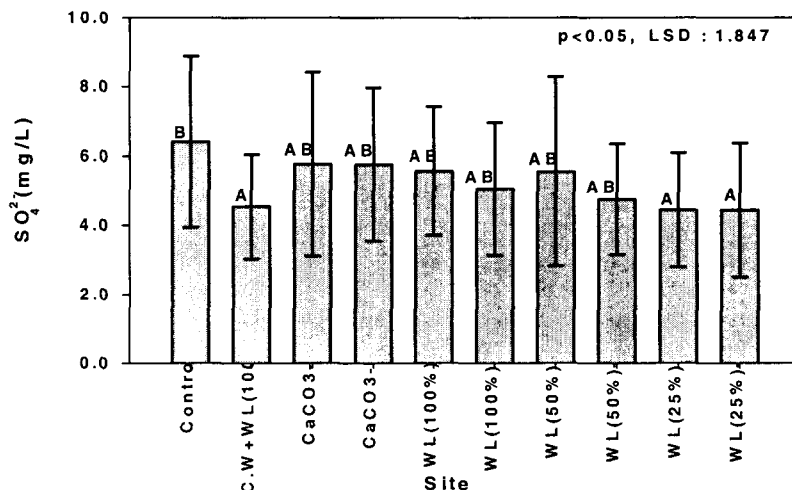


Figure 11. Comparison of sulfate concentration at each treatment.

#### 다. 유거수 중의 중금속 용출 농도변화

초기 강우시(10mm)에 폐석탄에 함유되어 있는 중금속 이온들이 leaching에 의해 유거수 중의 높은

농도를 나타내었으나, 20 mm 강우시 대부분의 중금속이 현저히 감소되는 것으로 조사되었으며, 강수량이 60~80 mm 정도로 많은 양이 관수되었을 때 모든 처리구에서 중금속 농도가 증가되는 경향을 나타냈다(Fig. 12,13).

납의 경우 폐 석탄 단일 처리구(Plot 1,2)에서 0.8 mg/L로 높은 농도를 보이고 있는데 폐 석탄 중에 함유되어 있는 Pb농도(토양환경보전법 용출시험 : 6.9 mg/kg)가 높은 이유로 사료되며, 그외 CaCO<sub>3</sub>로 처리한 처리구(Plot 3, 4)에서나 부산석회로 석회 요구량 100%, 50%, 25%로 처리한 처리구(Plot 5~10)에서는 0.1~0.5 mg/L수준을 나타냈으나 처리구별 pH의 증가에 의한 영향 등으로 40일 경과 이후에는 먹는물 수질기준(pb : 0.05 mg/L) 이하로 안정화되는 것으로 나타났다(Fig. 12).

특히 부산석회 100%로 처리한 처리구(Plot 5, 6)에서 Fe가 급격히 증가되는 것으로 나타났으나, 폐 석탄으로만 처리된 control구에서는 현격한 증가를 나타내지는 않았으며, 시험포장 설치 40일 경과 후에는 대부분의 처리구가 안정화되는 것으로 판단된다.

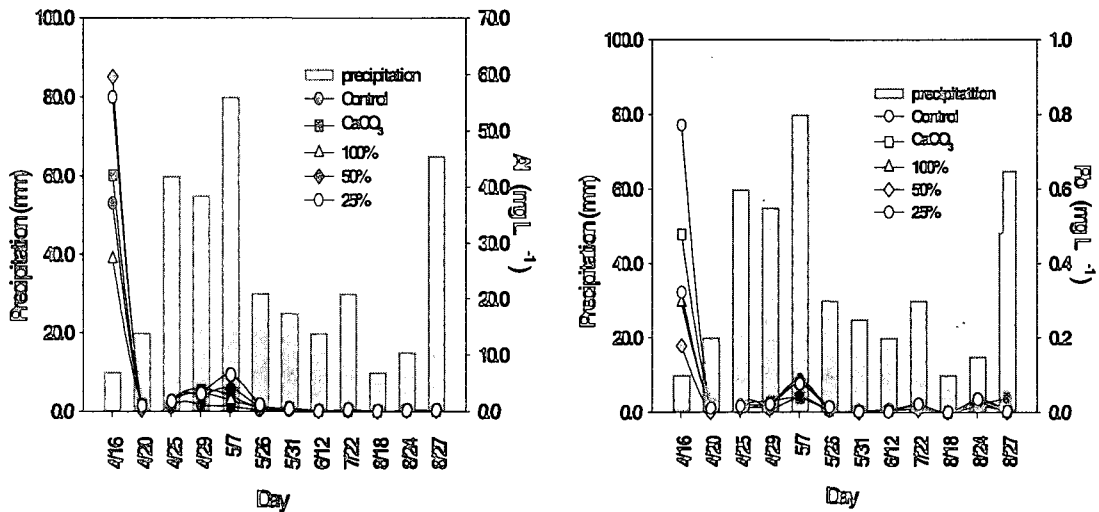


Figure 12. Changes of the runoff Al and Pb concentration in the field segment plot experiment.

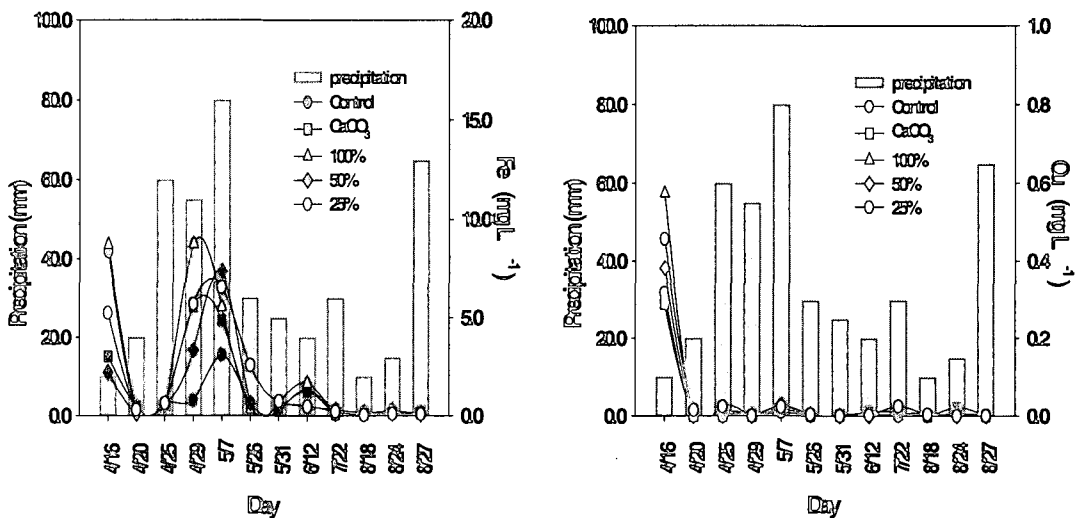


Figure 13. Changes of the runoff Fe and Cu concentration in the field segment plot experiment.

## VI. 결 론

본 연구는 인천 동양화학에서 소다회 제조 과정시 부산물로 발생하는 부산석회의 특성을 고려하여, 폐석으로 방치되어 있는 폐탄광 산림지역을 대상으로 부산석회와 복토제를 활용해 폐석으로 인해 발생하는 유거수의 완충능력을 평가 등 광해방지사업의 활용방안에 초점을 두고 최적의 방법을 제시하고자 수행하였다.

○ 폐석 등 광산폐기물로부터 발생하는 유거수의 특성을 파악하기 위해 Field Application을 실시한 결과, 20 mm 강우시 수거된 유거수 중의 pH는 모든 처리구에서 pH 3.5정도로 낮은 농도를 나타냈는데, 이는 각 처리구별 심층부에 존재하는 폐 석탄 중의  $SO_4^{2-}$ 와 같은 산성이온에 의한 영향으로 판단되며, 강수량의 증가에 따라 Control구인 폐 석탄만을 넣은 처리구를 제외하고는 대부분 pH가 6~7로 안정화되는 것으로 나타났다.

○ 현장 시험포장에서 각 처리구별로 발생된 유거수 중의 각 이온성분에 대한 유의성을 실시한 결과 pH 의 경우 대조구(Control)와 부산석회를 층위 처리한 후 복토 처리한 처리구(C.W+WL100%)와 복토를 하지 않은 부산석회 처리구간(WL 25%, 50%, 100%)과의 유의성 검증결과, 복토를 하지 않은 부산석회 처리구간(WL 25%, 50%, 100%)과는 유의성을 보여 주는 것으로 나타났다.

○ 각 처리구별 유거수 중의 중금속 용출 여부를 확인한 결과 초기 강우 시(10 mm) 폐석탄에 함유되어 있는 중금속 이온들이 초기 leaching으로 인해 높은 농도를 나타냈는데 안정후 대부분의 중금속 농도가 현저히 감소되는 경향을 나타냈는데, 이는 pH농도의 상승에 기인된 것이라 나타났다.

## 참고문헌

- APHA, AWWA, and WEF(1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed, Washington DC, USA.
- Alberici, T. M., W. E. Sopper, G. L. Storm and R. H. Yahner. 1989. Trace metals in soil, vegetation, and voles from mine land treated with sewage sludge. J. Environ. Qual., 18, 115-120.
- Bartuska, A. M. and I. A. Ungar. 1980. Elemental concentrations in plant tissue as influenced by low pH soils. Plant and Soil, 55, 157-161.
- EPA. 1996. Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils, EPA/542/R-96/008
- Yang, Jae E., 2001, Reclamation of the Inactive or Abandoned Coal Mine Area Using Limewastes from Soda Ash Production. Coal Industry Promotion Board, pp 140.