

## 인공강우 모사를 통한 석회/유기퇴비 혼합물의 경사지 토양유실 억제효과

고일하<sup>1</sup> · 노 훈<sup>1</sup> · 황원재<sup>2</sup> · 서형기<sup>1,3</sup> · 지원현<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>환경기술정책연구원

<sup>2</sup>고려대학교 환경생태공학부

<sup>3</sup>서울시립대학교 환경원예학과

<sup>4</sup>한국광해관리공단

## Reducing Soil Loss of Sloped Land using Lime-Organic Compost mixtures under Rainfall Simulation

Il-Ha Koh<sup>1</sup>, Hoon Roh<sup>1</sup>, Wonjae Hwang<sup>2</sup>, Hyunggi Seo<sup>1,3</sup>, Won Hyun Ji<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>National Environment Lab. (NeLab)

<sup>2</sup>Department of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University

<sup>3</sup>Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul

<sup>4</sup>Mine Reclamation Corporation (MIRECO)

### ABSTRACT

In a previous study, the feasibility of four materials (bentonite, steelmaking slag, lime and organic compost) to induce soil aggregate formation was assessed and the mixtures of organic compost and lime were chosen as most effective amendments in terms of cost benefit. This work is a subsequent study to evaluate the effectiveness of those amendments in reducing soil loss in 15° sloped agricultural area by using rainfall simulation test. Three different soils were treated with two conditions of organic compost/lime mixtures (2% + 2%, 3% + 1%, w/w). In the amended soils, soil fertility was increased due to the increase of CEC, T-N, and T-P. During the rainfall simulation, suspended solid in run-off water from amended soil were reduced by 43% ~ 78%. When the content of organic compost was higher than that of lime, reduction of soil loss was also increased by 67% ~ 78%. Sediment discharge was also decreased by 72% ~ 96% in the amended soil. Similar to the suspended solid analysis, higher organic compost content led to more reduction of soil discharging, which implies organic compost is more effective than lime in reducing soil loss. The overall result suggests that the mixtures of organic compost and lime could be used as amendment materials to reduce soil loss in sloped farmland.

**Key words :** Soil loss, Sloped land, Lime, Organic compost, Run-off water

### 1. 서 론

토양은 공기, 물, 무기 및 유기고형물, 미생물 등의 이질적인 혼합물로 식물생장을 위한 환경, 물공급 조절, 대기질 개선, 생물 서식지 제공 등의 역할을 한다(Brady and Weil, 2014; Spark, 1995). 김계훈 등(2009)은 ‘모재가 되는 각종 암석(모암)이 표면에 유기물질들이 혼합되면서 여러 토양생성인자의 영향을 받아 생긴 지표면의 얇고 부드러운 층으로서, 토양생성인자인 환경과 평형을 이

루려고 끊임없이 변화하는 자연체’로 정의하기도 하였다. 토양은 식물을 기계적으로 지지하고 자라게 하는데, 식물이 흡수, 이용하는 대부분의 양분과 수분을 저장, 공급하는 부위를 표토라고 한다. 따라서 토양이 가지는 생산성은 표토와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다. 이러한 표토가 유실될 경우 토지가치의 감소로 이어지는데, 2.5 cm 두께의 표토가 생성되기 위해서는 최대 300년이 소요되는 만큼 희소한 자원으로 인식할 필요가 있다(KME, 2001).

\*Corresponding author : greenidea@mireco.or.kr

Received : 2018. 6. 15    Reviewed : 2018. 6. 18    Accepted : 2018. 6. 28

Discussion until : 2018. 8. 31

국내에서는 폐광산 주변 오염농경지에 대한 토양개량·복원의 일환으로 안정화와 복토가 적용되고 있다. 안정화는 오염토양과 안정화제의 혼합을 통해 오염물질의 이동성 저감을 도모하는 것이며(Kim et al., 2010; Kim et al., 2003), 복토는 오염토양 또는 안정화 토양 상부에 작물생육에 적정한 양질의 토양층을 구성하는 것이다. 따라서 농작물 생산성 관점에서 보면 복토가 차지하는 비중이 적지 않다. 그러나 실제 현장에서는 적정수준을 갖는 양질의 복토재 확보와 공급에 상당한 어려움을 겪고 있다. 이는 복토재 대부분이 산지에서 채취된 미사로 점토함량이 충분하지 않거나 비옥도가 떨어지기 때문이다. 다만, 비옥도는 추가적인 시비처방 등을 통해 개량이 가능하지만, 점토함량을 개량할 수 있는 후속공정은 전무하다. 따라서 농경지 표토로 활용되는 복토재의 확보에 못지않게 복토부지에 대한 적정관리와 보존이 필요하다.

토양개량·복원 농경지에서 복토층의 유실이 일어날 경우 여러 문제를 유발할 수 있지만, 양질의 양분과 적정수준의 점토함량 감소로 농경지로서의 토지이용 목적을 상실하는 것이 가장 크다고 할 수 있다. 최근들어 폐광산 지역 내 개량·복원이 완료된 농경지에서 복토층 토양유실 사례가 빈번하게 관측되고 이에 대한 대책수립이 시급한 실정이다. 이러한 토양유실은 주로 비탈면에 위치한 밭에서 확인되고 있으며, 이의 주요 원인은 기상이변(특히 집중 강우)이 지목되고 있다. 밭의 경우 기상작용에 의한 침식발생이 논에 비해 높다(Hur et al., 2005). 따라서 폐광산 지역 이외에도 전체 고랭지 밭 면적 중 경사도 15° 이상의 밭이 58.7%를 차지하는 국내의 실정을 감안하면 희소자원인 표토토양 유실을 최소화 하는 기술확보가 필요하다(KME, 2006; Jung et al., 2007; Lee et al., 2006).

이에 본 연구에서는 토양유실 억제제로써 벤토나이트, 제강슬래그, 석회(생석회), 동물성 유기퇴비의 토양입단 형성을 검토한 선행연구(Hwang et al. 2016)의 후속으로 실제 비탈면 경사와 집중 강우강도 조건에서 토양유실 억제효과를 검토하였다. 본 연구를 통해 얻은 결과는 항후 폐광산 지역의 토양개량·복원사업 추진 시 경사지 농경지의 복토층 설계 및 시공, 농작물 재배가 이루어지기 전

의 초기 영농단계에서 표토층 토양유실 억제를 위한 참조 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 2.1. 시험대상 토양특성 및 유실억제제 선정

실험대상 토양 즉, 복토재로 가정한 3종류의 토양을 준비하였다. 토양화학분석법(NAAS, 2010)에 의한 기본적인 물리화학적 특성 분석결과는 다음의 Table 1에 나타난 바와 같다. 세 토양의 pH는 7.6~8.5의 약알칼리성이다. 유기물(OM) 함량은 1.2% 전후로 밭토양의 적정 유기물 함량범위인 2%~3%(Yang et al., 2008)에 못미치는 수준이었다. 따라서 본 3종의 토양은 폐광산지역 토양개량사업에서 주로 사용되는 시비처방 이전의 비옥도가 낮은 복토재의 특성을 반영한 것으로 판단된다. 토성은 A, B, C 토양 각각 양질사토(Lomy sand), 사양토(Sandy loam), 사질 식양토(Sandy clay loam)로 모래, 미사, 점토의 비율이 상이한 것으로 분석되었다.

선행연구(Hwang et al. 2016)에서는 4종(벤토나이트, 제강슬래그, 생석회, 유기퇴비)의 유실억제제를 단일처리한 경우와 2종 이상 혼합처리한 경우에 대해 토양의 입단화 형성, 상품의 경제성 및 접근성 등을 고려해 현장 적용성을 검토한 바 있다. 그 결과 석회(생석회)와 유기퇴비 혼합물을 혼합(개량)토양 전체 무게의 4% 수준으로 투여한 경우 개선효율, 비용편익 두 가지 측면 모두에서 뛰어난 것으로 나타났다. 즉, 본 조건을 유실억제제로 적용할 경우 경제적이며, 높은 토양 입단화 효과로 토양유실에 저항할 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 금회 연구에서는 검토대상 유실억제제의 조건을 유기퇴비와 생석회의 혼합물로써 혼합(개량)토양 무게비 기준 2% + 2%, 3% + 1%의 함량으로 설정하였다.

실험에 사용된 석회는 주영석회에서 생산하는 미분상의 공업용 생석회(CaO)이다. 퇴비는 (주)가림환경개발에서 생산한 입자상의 동물성 유기물 퇴비이며, 지름 1 cm 이하의 제품을 체질하여 0.5 mm 이하의 입자를 가진 것을 실험대상으로 하였다.

Table 1. Physicochemical properties of studied soil

-	pH [-]	OM [%]	T-N [%]	T-P [mg/kg]	CEC [cmol <sub>c</sub> /kg]	Water Content [%]	Particle distribution [%]		
							Sand	Silt	Clay
Soil A	8.5	1.3	0.01	162.94	7.37	23	83.2	7.4	9.4
Soil B	8.5	1.0	0.01	245.95	7.59	21	66.3	19.0	14.7
Soil C	7.6	1.2	0.02	157.00	4.88	23	54.5	24.3	21.2

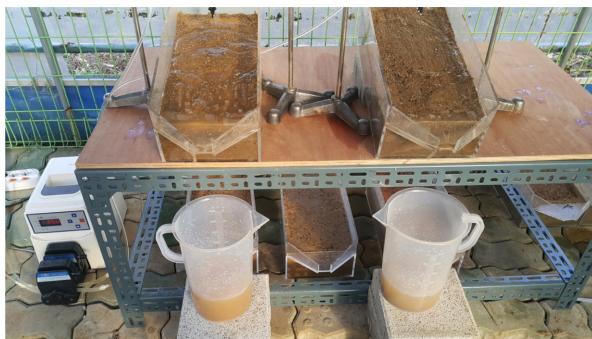


Fig. 1. Photograph of rainfall simulation.

## 2.2. 인공강우 실험

### 2.2.1. 강우량 선정

집중강우에 따른 경사지 토양침식을 모사하기 위한 강우량 선정을 위해 강원도 정선군, 영월군과 충청북도 제천시 지역의 과거 1시간 최대 강우량을 조사하였다. 본 3개 지역은 2015년 광해통계연보 검토결과 국내에 폐광산이 가장 많이 분포하는 지역이다. 해당지역의 10년 동안 3월~9월 기간의 시간당 최대 강우량은 8월에 높게 나타났으며, 제천지역에서 가장 높은 90 mm 수준의 수치가 기록되었다. 따라서 본 인공강우 실험에서 모사할 인공강우량을 시간당 100 mm 수준으로 설정하였다.

### 2.2.2. 강우모사 실험

경사지에서의 토양유실을 모사하기 위해 모형토조를 이용한 인공강우 실험을 계획하였다. 모형토조는 가로, 세로, 높이 각각 20 cm, 40 cm, 15 cm 크기이다. 전처리(풍건 및 2 mm 이하입자 체질)가 완료된 3종의 토양에 대해 유기퇴비와 생석회(CaO)를 2개 조건의 비율 즉, 토양, 유기퇴비, 생석회를 무게비 기준 96:2:2와 96:3:1의 비율로 혼합하여 토조 내 10 cm 두께(약 10 kg)로 각각 채웠다. 이후 토조에 채운 토양에 대해 Table 1의 함수량을 유지하기 위해 3일 간격으로 증발된 수분을 보충하면서 2주 동안 에이징(aging)하였다.

에이징 후 토조의 경사각을 15°로 조정하였고, 정량펌프(model GP 100, 동서과학)를 이용하여 시간당 100 mm 강도의 인공강우를 모사하였다(Fig. 1). 인공강우는 토조의 지표에 설치된 농업용 노즐을 이용해 수돗물을 살수하는 것으로 모사하였다. 각 토조별 살수시간은 총 30분이며, 이는 10분 살수, 10분 정치의 방식으로 총 3회에 걸쳐서 진행한 것이다.

### 2.2.2. 시료의 채취 및 분석

실험기간 중 분석대상 검체는 토양과 유거수이다. 최초 토조에 유실억제제를 혼합한 토양을 채우고 2주 동안 에이징(aging)한 토양을 대상으로 토양화학분석법(NAAS, 2010)에 따라 pH, 양이온교환능(CEC), 총질소(T-N), 총인(T-P)를 분석하였다. 이는 유실억제제로 인한 이화학적 특성변화를 검토하기 위함이다. 이후 강우모사 실험을 진행하면서 토양유실량을 측정하였고, 유거수의 pH, 부유물질(SS), 총질소, 총인을 수질오염공정시험기준(KME, 2016)에 따라 분석하였다. 토양유실량은 강우모사 실험 시 각 토조로부터 유출된 유거수를 전량 집수한 후 자연 증발시켜 잔류물의 무게를 측정한 것이다.

항목측정 시 pH는 현장수질측정기(model Orion star, Thermo SCIENTIFIC)를, 양이온교환능이나 총인 등 무기 원소의 정량분석이 필요한 경우에는 ICP-OES(model 7300DV, Perkin-Elmer Inc.)와 UV-VIS(model Lamda 25, Perkin-Elmer Inc.)를 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

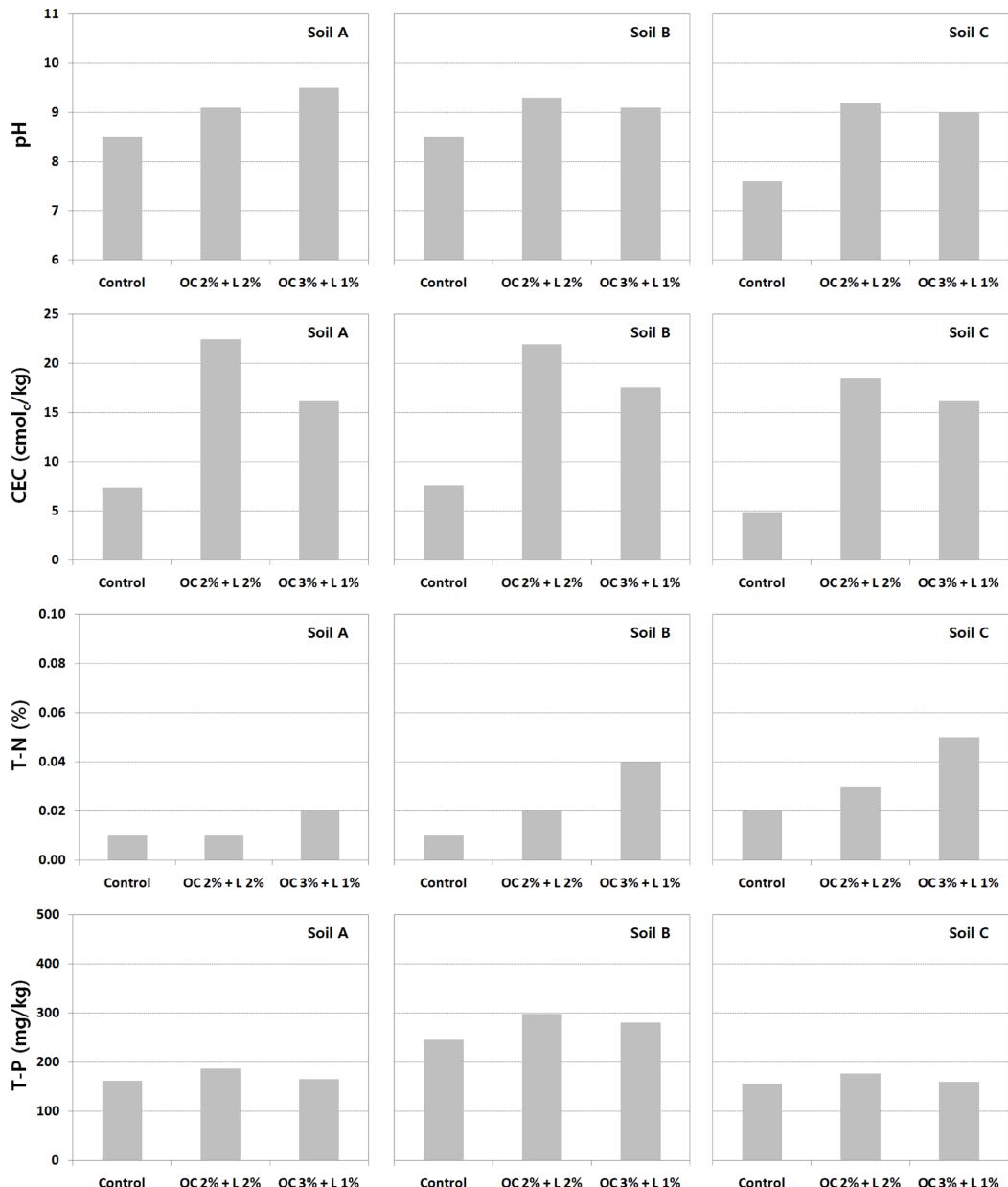
### 3.1. 토양 이화학특성 변화

Fig. 2는 유실억제제 혼합 후 함수량을 유지하면서 15일 경과 후 채취하여 분석한 토양 3종의 이화학 특성 변화를 그림으로 나타낸 것이다.

토양 pH는 A, B, C 토양 모두 유실억제제가 혼합된 조건에서 9.0 이상으로 증가하여 생석회의 영향이 높게 나타나는 것을 확인하였다. 유실억제제 내 유기퇴비와 생석회의 비율에 따른 pH 차이는 3종의 토양 모두 미미하였다. pH가 9.0 이상의 다소 높은 수준을 보였지만, pH 7.6~8.0의 알칼리 특성을 가진 원토양(control)의 특성과 현장에서 복토제로 사용되는 국내 산지 토양의 낮은 pH를 감안하면 실제 토양개량복원 현장에서의 pH 상승효과는 염려할 문제는 아닌 것으로 판단된다.

양이온교환능(CEC) 또한 최초 4.9 cmol/kg~7.6 cmol/kg에서 16.1 cmol/kg~22.5 cmol/kg 수준으로 2배에서 4배 이상 증가하였다. 토양유실 억제제 내 생석회의 함량이 증가할수록 교환능이 더 높아지는 경향을 보이는데, 이는 주성분인 칼슘(Ca)이온의 공급량이 증가하였기 때문인 것으로 판단된다.

총질소(T-N)와 총인(T-P)의 경우에도 유실억제제가 처리된 토양에서 원토양 대비 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 유기퇴비의 사용과 관련이 있다. 개량된 토양의 유기물 함량을 분석하지는 않았지만, 유기퇴비는 유



OC : Organic Compost; L : Lime(CaO)

**Fig. 2.** Chemical properties of amended soils in each chamber.

실억제제 처리토양의 유기물 함량을 증가시켰을 것이다. 즉, 유기물에 의한 총질소와 총인의 증가 개연성은 충분하다고 볼 수 있다. 다만 억제제 처리조건만을 비교했을 때 유기퇴비의 함량이 높아짐에 따라 총질소의 함량역시 증가하는데 반해 총인은 다소 감소하는 수준을 보였다.

이와 같이 다소 척박한 복토재에서 양이온교환능, 총질소 및 총인의 증가는 토양비옥도를 상승시키는 긍정적인 신호로 해석할 수 있다. 즉, 유실억제제 투입으로 인한 경

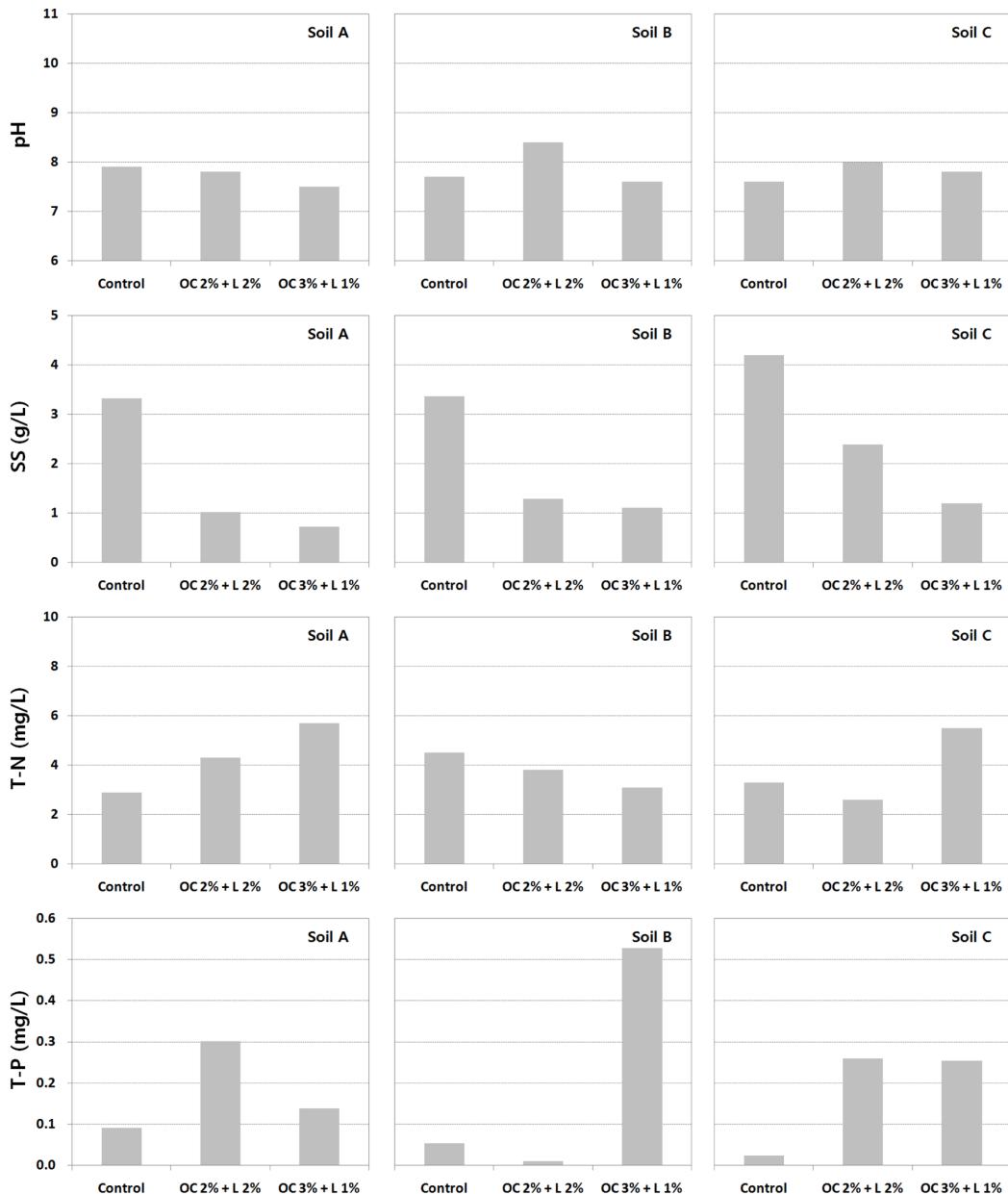
사지 표토유실 방지 이외에 대상 농경지의 식물체 성장을 도모할 수 있는 부가적인 효과를 제공할 수 있을 것이다.

### 3.2. 유거수 특성 및 토사유출량

#### 3.2.1. 유거수 이화학특성 변화

다음의 Fig. 3은 인공강우에 의해 발생된 경사지(토조) 유거수의 이화학특성 분석결과를 나타낸 것이다.

유거수의 pH는 앞선 토양 pH 분석결과와 달리 3종의



OC : Organic Compost; L : Lime(CaO)

**Fig. 3.** Chemical properties of run-off water from each chamber.

토양 모두 유실억제 투입에 따른 증가폭이 크게 나타나지 않았다. 이러한 결과는 단기간 집중 강우의 형태로 지표에 유입되어 표면을 흐르는 유거수의 특성상 토양과 충분한 반응이 이루어지지 않았기 때문으로 판단된다. 원토양(control)과 유실억제제가 혼합된 토양의 표면을 흐르는 유거수의 pH는 A토양 pH 7.9에서 7.5~7.8, B토양 pH 7.7에서 7.6~8.4, C토양 pH 7.6에서 7.8~8.0로 변화했다.

유거수 중 부유물질(SS)의 함량은 대상 토양의 실트함량과 유실억제제 투입유무에 따른 농도의 차이가 확연하-

게 나타났다. 실험대상 토양 3종의 원토양 유거수 분석결과만을 볼 때 실트함량이 가장 높았던 C토양(실트 24%)에서 4.2 mg/L로 다른 토양(실트 7%~19%)의 유거수 3.35 mg/L 전후보다 높게 분석되었다. 이는 비교적 침식적항성이 적은 실트의 특성 즉, 실트의 함량이 높아 강우로 인한 유실이 높게 나타났음을 의미한다. 실트는 상대적으로 무거운 모래와 점착력을 가지는 점토에 비해 침식적항성이 낮아 유실이 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있다(KME, 2001). 그러나 본 C토양에 유실억제제가 투입된

경우 부유물질의 함량은 감소했는데, 이의 저감율은 43%~71%이었다. 이는 다른 A토양이나 B토양에서 각각 나타난 저감율인 69%~78%, 62%~67%과 유사한 것이다. 따라서 이의 분석결과를 볼 때 토사의 총유출량 역시 유실억제제가 투입된 조건에서 급격한 감소가 있을 것으로 예상되었다. 유실억제제의 종류에 따른 농도비교 시 대체적으로 생석회보다는 유기물 함량이 상대적으로 높은 경우 그 저감율이 높게 나타났다. 즉, 생석회 함량이 높은 경우(OM 2% + L 2%) 유거수 내 부유물질의 저감율은 43%~69%의 수준이었지만, 유기퇴비의 함량이 높으면(OM 3% + L 1%) 저감율은 67%~78% 수준으로 더 높아졌다. 일반적으로 토양입단의 생성과 발달과정에 양이온, 토양생물, 유기물질 작용 등이 있는 것으로 알려졌다(Cho et al., 2002). 양이온 작용은 칼슘이온( $\text{Ca}^{2+}$ ), 철이온( $\text{Fe}^{3+}$ ), 알루미늄이온( $\text{Al}^{3+}$ )과 같이 2가와 3가 양이온이 점토입자의 표면의 음전하를 중화시키고, 점토입자를 서로 묶을 수 있도록 다리를 형성하여 입단을 형성하는 것이다. 토양생물 작용은 식물뿌리나 균사에 의한 입자간 물리적 결합과 토양 미생물이 생산한 유기접착제에 의한 입자간 화학적 결합을 의미한다. 유기물질은 토양생물의 활성을 유지하는데 필요한 에너지와 기질을 제공한다(Brady and Weil, 2014). 이러한 토양입단의 생성작용과 본 실험결과를 고려하면 유실억제제를 통한 실험대상 토양의 입단화 형성과정은 생석회에 의한 양이온 작용보다는 유기퇴비로 인한 유기물질의 작용과 미생물의 생육증진이 상대적인 주요 원인으로 판단된다.

유거수 내 총질소(T-N)와 총인(T-P)의 경우 대체적으로 유실억제제가 투입된 조건에서 그 농도가 높게 나타났다. 이는 유실억제제 투입유무와 상관없이 큰 값의 차이를 보이지 않았던 pH 결과와 다소 상충되는 것으로 유기퇴비의 탈리효과로 판단된다. 즉, 유거수의 pH는 인공강우와

토양의 반응으로 나타나는 수소이온( $\text{H}^+$ )의 농도로 짧은 반응시간에 기인하여 그 결과가 토양의 특성을 충분히 반영하지 못한 것으로 판단되었다. 이에 비해 유거수의 총질소와 총인의 경우에는 인공강우의 물리적 타격으로 인해 퇴비로부터 탈리된 유기물 입자가 유거수 내 부유하며 이의 농도를 상승시켰을 가능성이 있는 것으로 판단된다.

### 3.2.2. 토양 유실량 변화

다음의 Table 2는 강우 모사실험 과정 중 각 토조로부터 유실된 토양의 무게와 유실억제제 투입 시 나타난 유실 저감율을 나타낸 것이다. 표에서 볼 수 있듯이 경사지 내 유실억제제가 투입된 경우 그 유실 억제효과가 높은 것으로 나타났다.

유실억제제를 처리한 경우 집중강우 모사 시 A토양은 원토양(control)에 비해 91%~96%, B토양은 78%~89%, C토양은 72%~78% 수준으로 유실이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞선 선행연구(Hwang et al. 2016)에서 나타난 입단화도 증가와 유사한 것이다. 유실억제제의 종류에 따른 결과를 보면 앞선 유거수 내 부유물질(SS) 분석결과와 마찬가지로 유기퇴비의 함량이 높은 경우 그 저감율 역시 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 앞서 언급한 바와 같이 유기퇴비로 인한 토양 내 유기물질의 작용과 미생물의 생육증진으로 토양입단화가 증가하여 토양유실이 감소한 것으로 판단된다.

토양별로 본 유실 감소비율은 A토양에서 높게, C 토양에서 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 실트의 침식 저항성으로 해석이 가능한데, 앞선 유거수 부유물질 분석결과에서 언급했듯이 모래나 점토에 비해 침식 저항성이 낮은 실트의 함량이 A토양에서 7%로 가장 낮고, C토양에서 24%로 가장 높았기 때문이다. 따라서 향후 현장에서의 유실억제제 검토 시 대상 토양 내 점토함량 이외 미사의

**Table 2.** Comparison of sediment discharge in each chamber

	-	Soil loss (g)	soil loss reducing rate (%)
Soil A	Control	227.34	-
	OC 2% + L 2%	20.59	90.94
	OC 3% + L 1%	10.24	95.50
Soil B	Control	173.86	-
	OC 2% + L 2%	37.54	78.41
	OC 3% + L 1%	19.11	89.01
Soil C	Control	240.29	-
	OC 2% + L 2%	66.82	72.19
	OC 3% + L 1%	51.97	78.37

OC : Organic Compost; L : Lime ( $\text{CaO}$ )

함량 역시 기본 검토자료로 활용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 검토대상 물질인 유기퇴비와 생석회의 혼합물은 경사지 표토 토양유실억제제로써의 적용성을 확보한 것으로 판단된다. 일반적으로 농업활동 중 작물재배는 작물자체의 토지피복 효과로 인해 강우 시작물이 강우를 일차적으로 차단시켜 토양 표면의 타격력이 감소되고, 토립의 분산과 비산을 줄임으로써 토양유실을 억제할 수 있다(Osborn, 1954; Wainwright et al., 2000). 따라서 본 연구에서 검토한 유실억제제는 강우기 경사지를 대상으로 하는 토양개량복원 작업 시 작물재배 이전 토양유실 방지를 위한 사전조치의 일환으로 적용할 수 있을 것이다. 아울러 작물재배 과정에서도 유실억제제로 인한 토양비옥도 상승으로 작물의 성장율을 높여 농작물 생육으로 인한 장기적인 표토 유실방지에도 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 벤토나이트, 제강슬래그, 생석회, 유기퇴비 등 4종의 물질을 대상으로 토양유실 억제제의 적용성을 검토한 선행연구의 후속으로 15°의 경사지와 집중강우를 모사한 조건에서 토양유실의 억제효과를 3종의 토양을 대상으로 검토하였다. 검토대상 유실억제제는 유기퇴비와 생석회의 혼합물로 토양 내 함량비율로써 2%+2%, 3%+1%가 적용된 것이다.

유실억제제 처리 15일 경과 후 토양의 이화학특성 검토 결과 생석회 투입으로 인한 pH와 양이온교환능의 증가가 확인되었다. 아울러 유기퇴비 효과로 인해 총질소(T-N)와 총인(T-P)도 증가하는 것으로 나타났다. 척박한 복토재에서 양이온교환능이나 총질소, 총인의 증가는 토양비옥도 측면에서 긍정적인 신호로 볼 수 있다.

경사지 집중강우 모사 상황에서 채취한 유거수의 수질 분석결과 유실억제제가 처리된 조건의 부유물질(SS)은 원토양(control)의 유거수 대비 43%~78% 수준으로 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 유실억제제 내 유기퇴비의 함량이 더 높은 경우 부유물질의 저감율은 더 증가(67%~78%)해 토양 내 유기물질로 인한 입단화 정도가 생석회 보다 높은 것으로 판단되었다.

토양 유실량의 변화역시 유거수 내 부유물질 농도와 마찬가지로 유실억제제가 투입된 경우 급격한 감소가 나타났다. 3종의 토양 모두 2개 조건의 유실억제제를 적용했을 때 72%~96% 수준으로 감소하였다. 아울러 실트의 함

량이 높을수록 유실량 역시 높게 나타나므로, 향후 타 현장에서 토양유실 억제방안 수립 시 실트의 함량을 기본 검토자료로 활용할 필요가 있다.

이상의 결과를 통해 검토대상 물질인 유기퇴비와 생석회의 혼합물은 집중강우 발생 시 경사지의 토양유실 억제제로써의 적용성을 가진 것으로 판단된다. 본 물질은 토양의 비옥도 측면에도 타당하다고 보여지는데, 식물성장의 필요한 필수 무기원소(Ca)나 유기물을 토양에 공급함으로써 재배작물의 성장률을 높여 농작물 생산성 역시 높일 수 있다. 따라서 검토대상 물질 자체의 유실억제 효과 이외에 식생 생육으로 인한 유실방지에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

#### 사 사

이 논문은 2017년 한국광해관리공단으로부터 기술개발 사업비를 지원받아 수행된 연구임.

#### References

- Brady, N.C. and Weil, R.R., 2014, Elements of the Nature and Properties of Soils, Pearson Education Limited.
- Cho, S.J., Park, C.S., and Um, D.I., 2002, Soil Science, Hyangmunsa.
- Hur, S.O., Jung, K.H., Ha, S.K., Kwak, H.K., and Kim, J.G., 2005, Mathematical description of soil loss by runoff at inclined upland of maize cultivation, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **38**(2), 66-71.
- Hwang, W.J., Bang, H.W., Hyun, S.H., Ji, W.H., and Lee, S.H., 2016, Assessment of several amendments for soil erosion reduction in sloping land, *Proceedings of KoSSGE 2016 fall conference*, Daejeon, Korea, p.232.
- Jung, K.H., Hur, S.O., Ha, S.G., Park, C.W., and Lee, H.H., 2007, Runoff pattern in upland soils with various soil texture and slope at torrential rainfall events, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **40**(3), 208-213.
- Kim, G.H., Kim, K.Y., Kim, J.G., Sa, D.M., Seo, J.S., Son, B.G., Yang, J.E., Eom, K.C., Lee, S.E., Jeong, G.Y., Jeong, D.Y., Jeong, Y.T., Jeong, J.B., and Hyun, H.N., 2009, Soil Science, Hyangmunsa.
- Kim, G.R., Park, J.S., Kim, M.S., Gu, N.I., Lee, S.H., Lee, J.S., Kim, S.C., Yang, J.E., and Kim, J.G., 2010, Changes in heavy metal phytoavailability by application of immobilizing agents and soil cover in the upland soil nearby abandoned mining area and subsequent metal uptake by red pepper, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **43**(6), 864-871.

- Kim, J.Y., Davis, A.P., and Kim, K.W., 2003, Stabilization of available arsenic in highly contaminated mine tailings using iron, *Environ. Sci. Technol.*, **37**, 189-195.
- KME (Korea Ministry of Environment), 2001, A Study on the Conservation of Surface Soil and Erosion Control.
- KME (Korea Ministry of Environment), 2006, Research Project for Optimal Management of Non-point Pollution Source in Highland Farm Areas.
- KME (Korea Ministry of Environment), 2016, Korea standard methods for water analysis.
- Lee, H.H., Ha, S.K., Hur, S.O., Jung, K.H., Kim, W.T., and Kim, K.H., 2006, Characteristics of soil water runoff and percolation in sloped land with different soil textures, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **39**(5), 268-273.
- NAAS (National Academy of Agricultural Science), 2010, Methods of soil chemical analysis.
- Osborn, B., 1954, Effectiveness of cover in reducing soil splash by raindrop impact, *J SOIL WATER CONSERV*, **9**, 70-76.
- Sparks, D.L., 1995, Environmental Soil Chemistry, Academic Press, San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto.
- Wainwright, J., Parsons, A.J., and Abrahams, A.D., 2000, Plot-scale studies of vegetation, overland flow and erosion interactions: case studies from Arizona and New Mexico, *Hydrol. Process*, **14**, 2921-2943.
- Yang, J.E., Jung, J.B., Kim, J.E., and Lee, G.S., 2008, Ag-Environmental Science, CIR.