

하천주변 사면에서의 인공강우와 자연강우를 이용한 토양침식실험

홍세선¹⁾ · 이창범¹⁾ · 양동윤¹⁾ · 이진영¹⁾ · 김주용¹⁾

1. 서론

하천에 토사가 유입되는 가장 중요한 요인은 주변 지역의 사면에서의 토양의 침식작용이며 이러한 현상은 다양한 요인들에 의해 영향 (사면경사, 사면식생, 토양 입도, 사면거칠기 등)을 받지만 주로 물, 특히 강우에 의해 크게 좌우된다. 그러므로 정확한 강의 양과 강우 강도, 이에 따른 토양의 침식량을 정량화하는 것이 중요하다.

이번 연구에서는 이러한 다양한 조건에 따라 토양의 침식이 어떠한 특성을 갖고 발생하는지를 파악하고자 하였다. 이 과제에서 개발된 인공 강우 실험 장치를 이용한 침식실험과 자연강우에 의한 침식실험을 지질별, 경사별, 식생유무별로 주요 3대강인 영산강, 섬진강, 남한강의 조사유역에 대해 적용 비교실험을 실시하여 각 하천별 침식 특성을 이해하고자 하였다.

2. 실험방법

토양침식 실험을 크게 2가지 방법에 의해 실시되었다. 첫째는 사면에서 일정 면적을 폐쇄하여 인공강우 실험장치를 이용하여 일정 규모의 강우를 발생시키고 일정 면적에서 침식유출된 토양을 채취하는 것이다. 살수되는 유량은 유량계로 조절하여 시간당 150 mm의 강우가 발생되게 노즐을 맞추고 각각의 실험 구역에서 유출된 물의 유량을 측정하고 이에 따른 토양의 유출량을 측정하였다.

두 번째는 인공강우 실험에서와 동일한 규격의 침식 관찰용 시료채취통을 사면에 설치하고 자연적인 강우가 발생한 후 시료채취통에 포집된 토양을 채취하는 것이다. 자연강우를 이용한 실험에서는 80 mm 이상의 강우량이 누적된 후의 시료채취통에 유입된 토양을 채취하였다. 강우량의 체크는 자동기상관측 시스템 (AWS)를 이용하였다.

이러한 강우실험을 위하여 영산강 (나주지역), 섬진강 (순창지역), 남한강 (여주지역)의 3개 하천 유역에 대해 지질특성별로 4~6개의 실험장소를 선정하였다. 식생이 있는 토양과 경작지 토양, 경사 10도와 경사 20도 등의 4가지 조건을 조합하여 한 장소당 4개 실험구역으로 구분하여 강우 실험을 실시하였다.

3. 영산강에서의 인공강우를 이용한 토양침식실험

영산강 지역의 지질별, 식생 유무별, 경사도 차이에 따른 인공 강우 침식을 실험에서는 여러 가지 서로 다른 조건에 의해 패턴의 변화를 보이기 는 하지만 몇 가지 의미있는 패턴 변화를 파악할 수 있다.

먼저, 지질 특성에 따른 변화 패턴을 보면 화산암 지역에서 토양 유실량이 가장 크며 그 다음이 화강암 지역이며 변성암 지역과 퇴적암 지역에서는 서로 거의 비슷하다. 그러나 단위 유량(리터)당 토양 유실비는 역시 화산암 지역이 7 정도로 가장 크지만 그 다음으로는 변성암류 지역, 퇴적암류 지역 순이며 화강암 지역이 평균 4.5 정도로 가장 낮은 값을 갖는다.

경사도에 따른 변화 패턴을 보면 경사 10도 보다는 경사 20도 일 때 리터당 토양 유실비가 대체로 크거나 비슷하여 경사도가 심할 수록 침식작용은 더 활발한 것으로 판단된다.

입도 분포는 매우 흥미로운 현상을 보여준다. 영산강의 4개 실험지역에서 실험전 원 토양의 입도 분포는 sand, silt, clay의 순이나 침식이 일어난 후에 유실된 토양에서는 silt, sand, clay의 순으로 변화한다. 또한 함량비도 실험 전 시료의 경우 sand 60% 내외, silt 40% 내외, clay는 흔적량 정도이지만 침식작용이 일어난 후의 유실된 토양에서 채취된 시료에서는 sand가 20~40%로 감소하며, silt는 60% 내지 그 이상으로 증가하며 clay는 5~20%로 증가한다. 이러한 사실은 침식작용이 일어날 때에는 silt와 clay에 더 큰 영향을 끼치며 sand 입자는 침식 작용에 비교적 덜 영향을 받는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 인공 강우 침식을 실험에서 시료채취통은 강우에 의해 토양이 침식되는 구역에서 매우 짧은 거리에 위치하고 있다. 즉, 현재의 실험에서 침식 작용에 대해 설명할 수 있는 부분은 강우가 토양층에 부딪쳐서 침식작용이 시작되는 초기 단계의 현상이다. 만약에 침식시료 채취통이 침식 지역에서

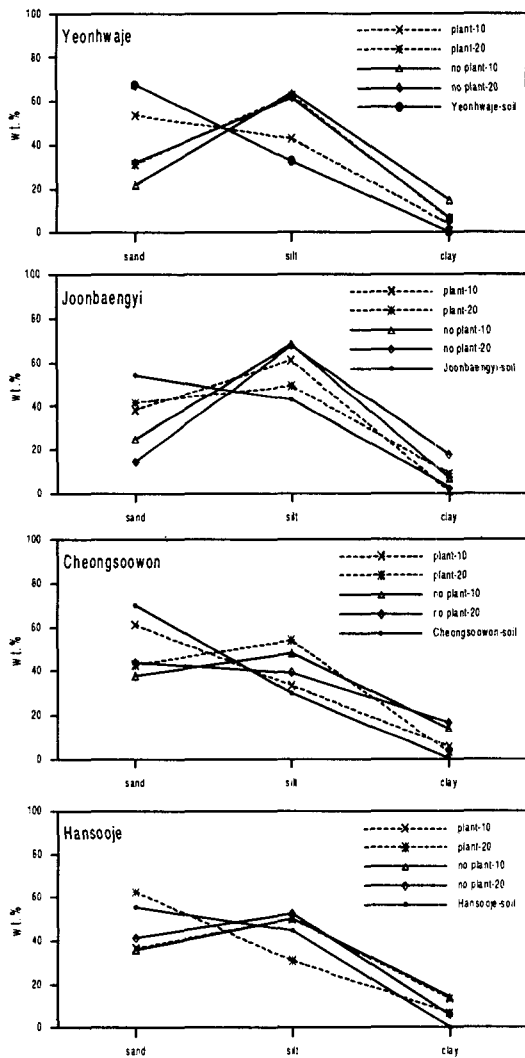


그림 1. 영산강 지역에서 실시한 인공강우 침식을 실험에 의한 유실토양의 입도분석.

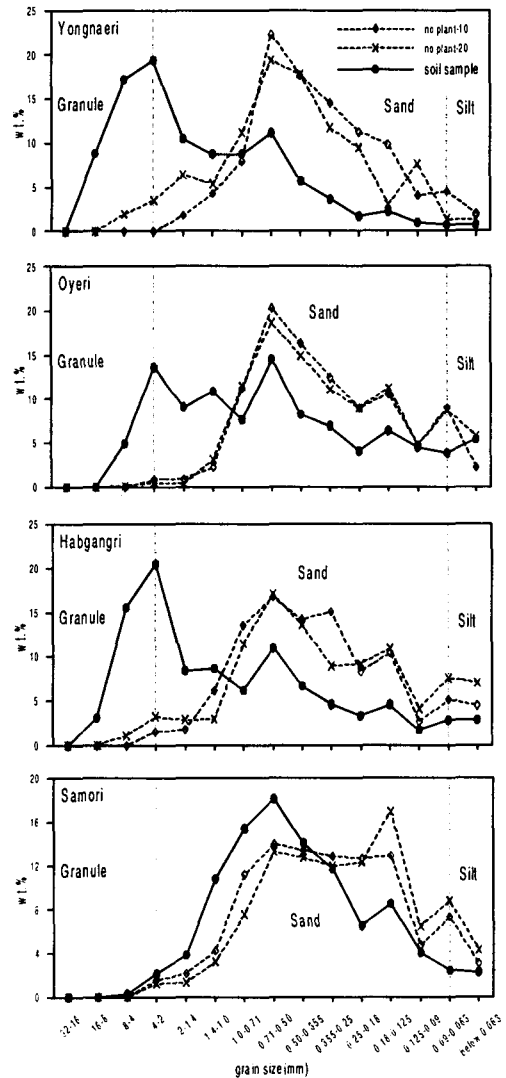


그림 2. 섬진강 지역에서 실시한 인공강우 침식을 실험에 의한 유실토양의 입도분석.

멀리 떨어져 있으면 이동하는 물의 유속, 물의 양, 누적되어 이동되는 유실토양의 양, 지형 조건 등에 의해 위의 입도 분포와는 다른 결과를 가져 올 수도 있다. 그러나 적어도 침식 작용의 초기 단계에는 sand 보다는 silt와 clay 입자가 침식과정에 더 민감한 것으로 해석할 수 있다.

4. 섬진강에서의 인공강우를 이용한 토양침식실험

지질 특성에 따른 변화 패턴을 보면 삼오리 우백질 염리상화강암 지역에서 침식이 가장 크게 일어났으며 그 다음으로는 천매암, 편암 지역 그리고 순창 염리상화강암 지역과 화강편마암 지역에서는 가장 침식을 적게 받았다.

경사도에 따른 변화 패턴을 보면 경사가 완만할수록 오히려 침식작용이 더 잘 일어나는 것으로 나타났다. 식생 무 지역에서 오예리 지역을 제외한 세 지역 모두 경사 20도 보다는 경사 10도에서 침식작용이 심한 것으로 실험결과가 얻어졌는데 이는 침식작용에 있어 토양 표면을 흐르는 유속이나 유량도 중요하지만 수분을 흡수하는 토양층의 특성에도 크게 좌우하였음을 보여주는 좋은 예라 할 수 있다.

입도 변화 패턴은 영산강의 경우와 입도의 차이는 보이지만 매우 유사한 변화 패턴을 보여주고 있다. 영산강 지역의 침식 토양의 경우 silt→sand→clay의 순으로 함량비가 감소하는데 비해 섬진강에서는 입도가 한 단계씩 높아진 상태로 sand→granule→silt의 순으로 함량비가 감소한다.

토양 유실량/채수유량비를 보면 대체로 섬진강 지역보다는 영산강 지역에서 그 비가 높은 것으로 보아 영산강 지역이 초기 침식작용의 강도가 좀더 강했던 것으로 생각된다.

5. 남한강에서의 자연강우를 이용한 토양 침식을 실험

남한강 지역은 영산강이나 섬진강 지역과는 달리 자연 상태의 강우에 의한 침식 실험이 수행되었다. 인공강우 실험이 수행된 섬진강 지역에서 침식토양의 입도별 함량은 sand 90% 이상, silt, granule의 순으로 감소하나 자연강우 실험이 실시된 남한강 지역의 침식토양은 sand 70~80%, granule과 silt의 순으로 그 함량이 감소한다. 즉, 섬진강 시료와 비교하여 granule과 silt의 함량이 더 우세해진다.

도지리, 신지리, 응암리, 하다리 지역의 침식 토양의 입도 변화 패턴은 서로 거의 유사하며 내사리와 가업리의 입도 분포가 대체로 유사한 특성을 보인다.

채취시기에 따른 토양 입도는 도지리, 신지리, 응암리 지역시료에서 시기별로 다소 불규칙한 특성을 보이며 이러한 불규칙한 특성은 입도가 커질수록 심해지는 경향을 보인다. 그러나 0.71~0.5 mm 이하의 입도에서는 채취시기와는 관계없이 매우 균질한 분포패턴을 나타내고 있다.

인공강우 실험이 실시된 섬진강 시료는 granule 입도에서 0.71~0.5 mm의 sand 입도로 가면서 함량이 증가하나 자연상태의 강우실험에서 실시된 남한강 시료는 이보다는 입자크기가 좀더 큰 2~1.4 mm 입도에서 높은 함량을 보이며 sand 입도에서는 계속 완만하게 감소하는 경향을 보인다. 또한 섬진강 시료는 sand에서 silt입도로 가면서 계속 감소하는 경향을 보이거나 남한강 시료에서는 sand 입도에서는 감소하지만 silt 입도에서 급격히 증가하는 특성을 보인다. 이는 인공강우에 의한 강우 강도와 자연 강우에 의한 강우 강도의 차이 때문에 생긴 현상으로 해석된다.

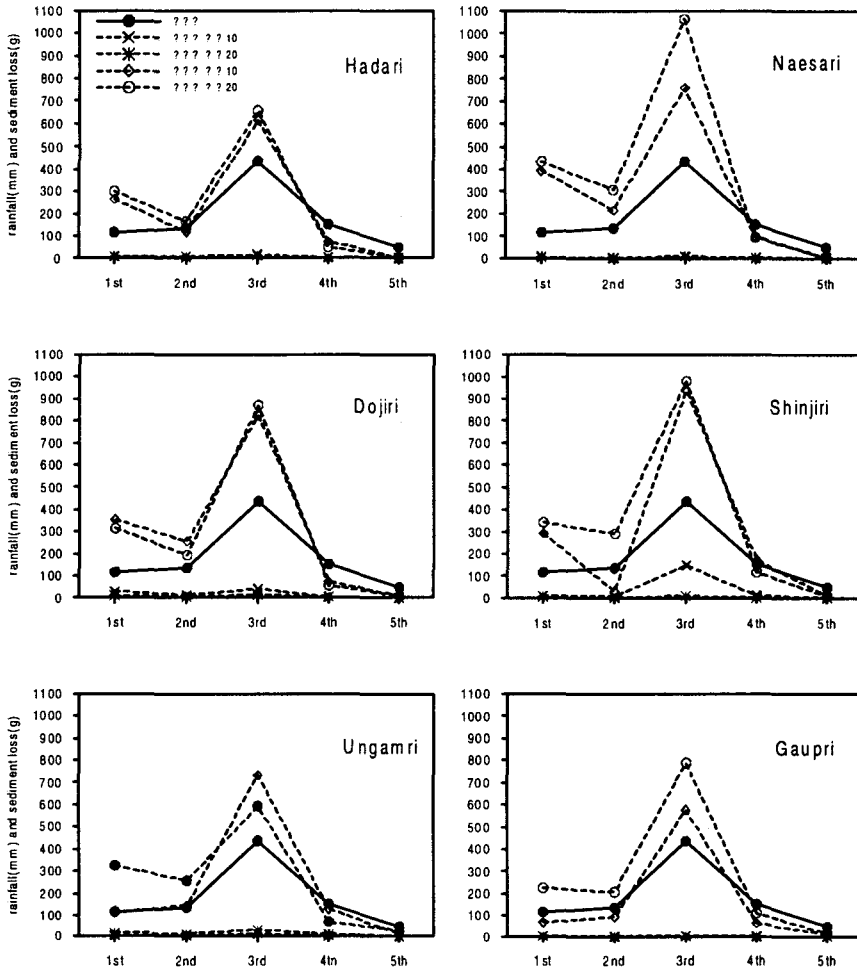


그림 3. 남한강 지역에서 실시한 자연강우 침식 실험. 강수량과 시료 채취 시기별에 따른 토양유실량과의 비교.

6. 결론

인공강우에 의한 침식실험과 자연강우에 의한 침식실험을 지질별, 식생 유무별, 경사도별로 3개 강에 대해 실시하였다.

식생이 있는 지역이 식생이 없는 경작지 상태의 지역에 비해 토양의 침식이 매우 적었으며, 경사 10도 보다는 경사 20도 일 때 리터당 토양 유실비가 대체로 크거나 비슷하여 경사도가 심할수록 침식작용은 더 활발한 것으로 해석되었다.

입도 변화 패턴은 섬진강 지역과 영산강 지역의 경우 입도의 차이는 보이지만 매우 유사한 변화 패턴을 보여주고 있다. 영산강 지역의 침식 토양의 경우 silt→sand→clay의 순으로 함량비가 감소하는데 비해 섬진강에서는 입도가 한 단계씩 높아진 상태로 sand→granule→silt의 순으로 함량비가 감소한다. 원래의 토양 입도보다는 세립화하는 경향이 있다. 동일 장소에서 시기를 달리하여 침식에 의해 유실된 토양의 입도 분포는 채취시기와는 관계없이 거의 동일한 패턴을 보인다.

주요어 : 토양침식실험, 토양유실량, 토양입도분포, 채수유량, 인공강우

1) 한국지질자원연구원 지질연구부 (hss@kigam.re.kr)