

구룡지 완사면의 "U자형 골" 지형발달에 관한 수문학적 연구(제2보)

- 지형발달 추론을 중심으로 -

양해근, 박종관

전남대 호남문화연구소, 건국대 지리학과

1. 서론

지형은 지표물질의 변위 혹은 변형, 물질의 화학적 구조가 변함에 따라 변화한다(佐藤久 외, 1990). 이러한 지형 프로세스는 물순환계와 밀접한 관계가 있으며, 지표공간을 이루는 대부분의 지형은 지상에 공급된 강우의 유출과정에서 형성된 것이라고 해도 과언이 아니다. 특히 곡저(谷底) 또는 곡두(谷頭)는 유수의 배출통로인 동시에 유출특성에 기인한 각종 지형프로세스에 의해서 형성된다(恩田 외, 1996). 따라서 사면에서 일어나는 지형 프로세스를 이해하기 위해서는 사면유수의 유출과정에 대한 명확한 규명이 전제가 되어야 한다(Scoging, 1982, 寺嶋, 2002). 그 동안 우리학계의 지형연구는, 정성적인 연구방법에 의한 지형분류와 지형 발달사 등에 대한 연구가 그 중심을 이루어 왔으며(김종욱, 1996), 일부 하천수계의 수리기하학적인 연구가 행해졌으나(김종욱, 1991, 손일, 1986), 이 또한 지형형성 기구를 기술하고 있지는 않다.

최근 빈번하게 발생하는 대규모 토사 유출과 산사태는 지형변화에 대한 사회적 관심을 불러일으키는 계기가 되고 있으며, 이러한 현상을 규명하기 위해서는 물순환과 지형변화에 대한 상호작용에 대한 이해가 전제되어야 한다. 본 연구에서는 물순환 기구와 지형형성의 상호작용에 대한 정량적 평가를 위해 잔구성 구룡지 완사면에서 볼 수 있는 "U자형 골"을 대상으로 실험유역을 설치하고, 수문지형·지질, 강우-유출특성, 물수지를 비롯한 물질수지, 토사 이동량과 지

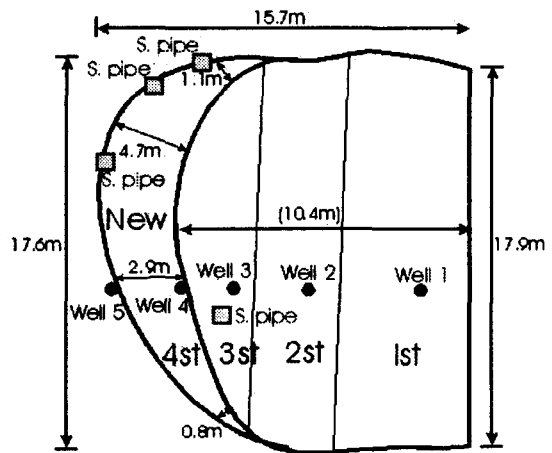


그림 1. St. 2의 "U자형 골" 곡두변이와 조사지점

형변이 등을 조사하고 있다. 본 학술대회에서는 사면의 지하수두의 분포와 soil pipe의 유출특성에 대한 조사결과와 그 동안 1년 이상 현지관측을 통해 얻었던 자료를 토대로 본 발표자가 생각하는 “U자형 골”의 형성기구에 대한 추론에 대해 각 분야의 학계 선생님들로부터 고견을 청취하고자 한다.

2. 연구방법

물순환기구와 지형형성에 대한 상호작용을 정량적으로 평가하기 위해 가시적인 지형변화를 겪고 있는 구릉지 완사면 “U자형 골”에 수문 관측시설을 설치하고, 매 주 현지 조사를 통해 사면의 지하수위의 변동과 지형변이, 침투능에 대한 실험 등을 실시하고 있다. 또한 강우-유출 특성을 파악하기 위하여, 강수량, 호우시 지하수위의 변동과 pipe 유출량, 지하수 용출량에 대한 조사 등을 통하여 유출성분과 토양층의 토사이동에 관한 정보를 취득하고 있다. 이러한 조사 결과는 실험유역의 물순환 기구와 지형을 변화시키는 물의 역할 그리고 물순환과 지형과의 관계를 이해하는 실마리가 될 것이며, 본 연구의 궁극적인 목표인 지형형성에 대한 수치모델화에 대한 기초 자료로서 의미가 있을 것으로 생각한다.

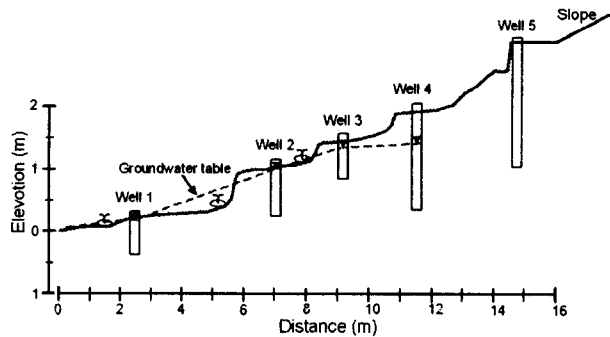


그림 2. 지하수두 분포 (2003. 06. 07)

3. 곡두사면의 지하수면의 분포

사면 지중수의 유동을 조사하기 위해 St.2 지점의 사면 2003년 6월 7일에 stage 1, stage 2, stage 3와 완사면 하단부에 각각 Well 1, 2, 3, 4를 설치하여 지하수두의 변화와 토양수분, pipe 유출, “U자형 골” 전체의 유출량을 조사하였다. 한편 올 여름철 많은 강우로 인해 곡두부 상부에 새로운 stage(stage 4)가 형성되어 새로운 완

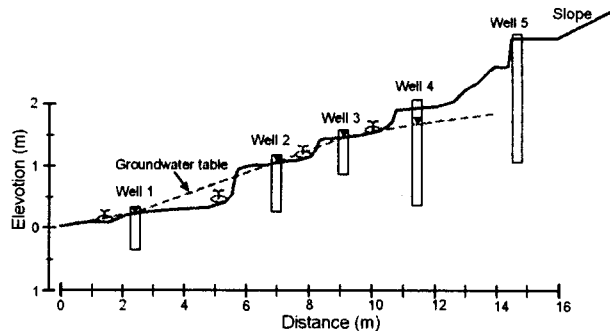


그림 3. 지하수두 분포 (2003. 08. 23)

사면 하단부에 관측정(Well 5)를 설치하였다.

조사결과는 그림 2, 3, 4와 같으며, 지하수두의 분포와 soil pipe의 분포와 잘 대비되고 있으며, 지난 학술대회에서 제시한 사면의 pF값과도 동등한 결과를 얻었다.

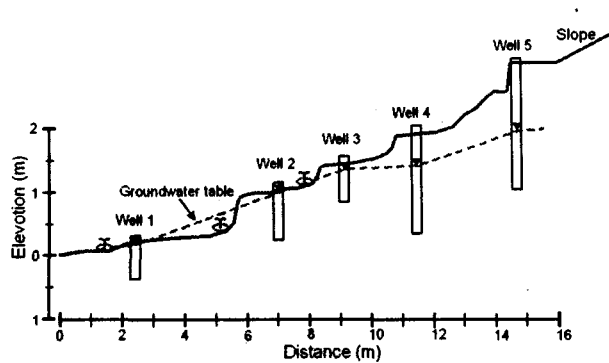


그림 4. 지하수두 분포(2003. 11. 25)

4. 강우-유출 특성

Well 1~Well 3의 수두변화는 계절별로 크게 나타나지 않는 반면, 안사면 하단부에 위치한 Well 4의 수두변차가 크다(그림 2, 3). 이는 다른 지점에 비해 수리전도율이 크다는 것을 의미하는데, 표층부(0~20cm)와 지하수면이 위치한 30~50cm의 시료를 이용한 투수성실험에서 각각 $k=2.22 \times 10^{-3}$, 3.24×10^{-2} 의 값을 나타내고 있다(그림 5).

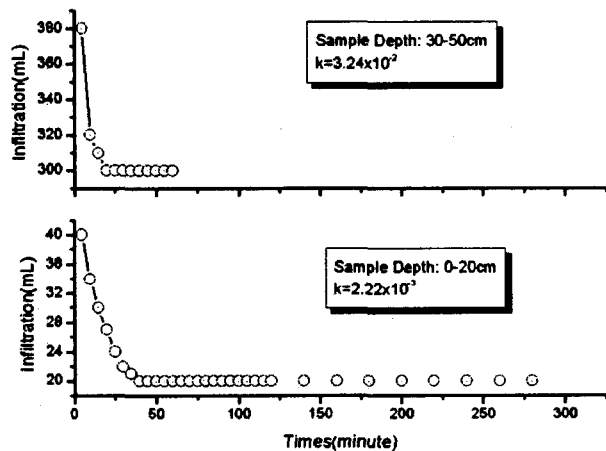


그림 5. Well 4 부근의 투수능

그림 6은 강우시 지하수위 변동과 soil pipe, 지하수 용출량의 변화를 나타낸 것이다. 2003년 8월 23일부터 4일에 걸쳐 38.3mm의 강수량을 기록하였다. 이 기간 동안 가장 큰 강우 이벤트는 24일 02:00~03:00로서 11.3mm/h의 시간강수량을 나타낸다. 이때 강우에 대한 민감도는 일부 직접유출성분이 개입된 결과, Spring \geq Pipeflow \geq Groundwater 순으로 반응을 하고 있으나, 그 이후에는 Groundwater \geq Pipeflow \geq Spring 순으로 강우에 대한 민감도를 추정할 수 있다. 그리고 강우이전의 EC의 농도분포를 보자면, Groundwater > Spring > Pipeflow이었으나, 첫 번째 강우이벤트 후 Spring > Groundwater > Pipe flow, 강우 후에는 Pipe flow > Spring > Groundwater로 변화함을 확인할 수 있다(그림 7). 이는 토양층에 용존되어 있는 전해물질들이 강우시 토양수의 이동과 함께 그 대부분 soil pipe를 통해 유출되고, 그 일부가 포화대에 도달한 결과라 할 수 있다. 따라서 soil pipe가 “U자형 골”의 지형의 물질수지를 좌우하는 중요한 요인으로 간주된다.

5. 지형발달에 관한 추론

우리나라 전국토의 약 70%가 산지 또는 구릉지로 이루어졌으며, 잔구성 구릉지는 대부분 화강암과 화강편마암지역이다. 이들 지역은 모암(母岩)의 풍화토 즉, 투수성이 좋은 사질토양으로 강우에 민감한 반응과 함께 사면붕괴가 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있다(飯田 외, 1979). 대체로 이들 잔구성 구릉지는 완만한 사면을 이루고 있으며, 사면에는 "U자형 골(Amphitheater valley head)"가 형성되어 있다. "U"자형 꼭저부는 지하수면과 거의 일치하여 물로 포화되어 있으며, 꼭두부는 비교적 많은 spring과 "U"자 꼭두부 사면에는 piping이 분포하고 있다. 이들은 완사면의 물순환 기구를 연결하는 통로이며, "U자형 골" 지형을 형성하는데 상호보완적인 역할담당하고 있을 것으로 사료된다. 그리고 이들과 함께 "U자형 골" 전면에 나타난 fissure는 강우량과 함께 "U자형 골" 지형의 확대와 진행속도를 좌우하는 요인으로 간주된다. 이처럼 화강암풍화지역의 완사면에서 흔히 볼 수 있는 "U자형 골"은 물순환과 지형변화 과정의 상호작용을 규명할 수 있는 좋은 대상이라 생각된다.

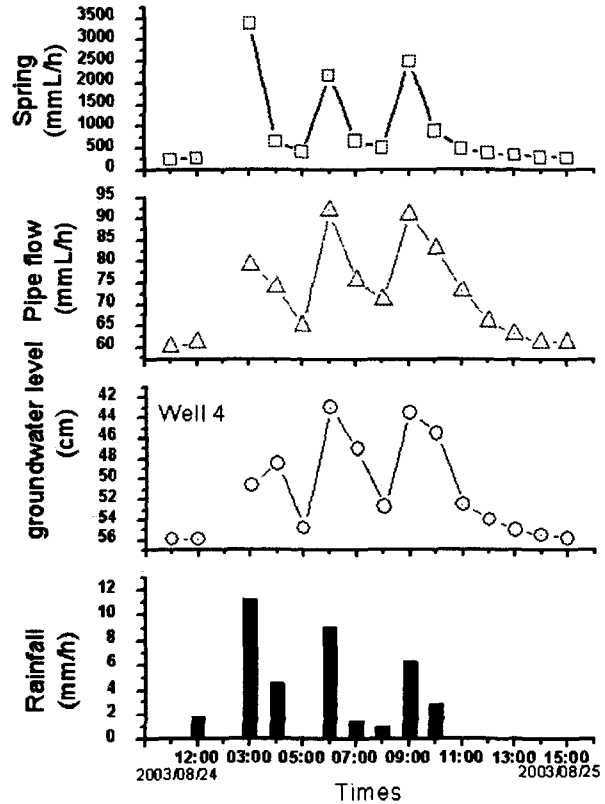


그림 6. 강우에 대한 지하수위와 파이프 유출량, 전 유출량의 변화

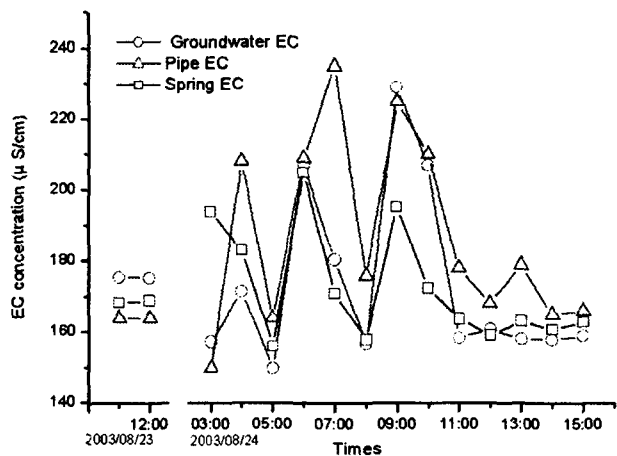


그림 7. 강우에 대한 지하수위와 파이프, 전 유출량의 EC농도 변화

6. 향우 연구과제

21세기 환경과학으로서 지리학이 거듭나기 위해서는 인접 학문 간의 긴밀한 협동연구가 필요하고, 지리학의 과학화와 이론적인 배경이 그 전제가 될 것이다. 이러한 목표아래 1년 이상 현지조사를 하고 있으나, 미지형에 대한 물순환기구를 보다 명확하게 규명하기 위해서는 미지형에 대한 상세한 지형·지질조사를 통해 토양수의 이동간의 상호관계를 파악해야 할 것이라 생각된다.

■ 참고문헌

- 김종욱, 1996, 오경섭, 한국 지형학회의 50년 회고와 전망, 심포지움 제3부: 한국지리학의 반세기: 회고와 전망, 31, 121-123.
- 佐藤久·町田洋, 1990, 總觀地理學講座6 地形學, 朝倉書店.
- 朴鍾瑄·丸井敦尚, 2002, 降雨流出過程における間隙空氣の舉動に關するカラム浸透試験, 日本水文科學會誌, 32, 3-12.
- 寺嶋智巳 2002, 0次谷谷頭凹地におけるパイプ流に影響された水および土砂の流出, 地形, 23, 511-535.
- 飯田智之·奧西一夫, 1979, 風化表層土の發達による斜面發達について, 地理學評論, 52, 462-483.
- 恩田裕一·奧西一夫·飯田智之·辻村眞貴, 1996, 水文地形學—山地の水循環と地形變化の相互作用—, 古今書院(東京)
- Iverson, R.M., and Major, J.J., 1986, Groundwater seepage vectors and the potential for hill slope failure and debris flow mobilization, *Water Resources Research*, 22, 1543-1548.
- Onda, Y. (1994): Seepage erosion and its implication to the formation of amphitheater valley heads: a case study at Obara, Japan. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 19, 627-640.
- Selby, 1993, *Hillslope Materials and Processes*, Second edition, Oxford Univ. Press.
- Scoging, H., 1982, Spatial vaiations in infiltration, runoff and erosion on hillslopes in semi-arid Spain, edited by Rorke Bryan and Aaron Tair, *BADLAND Geomorphology and Piping*, Geo Books, England.