

# 시공간적, 계절적 특성을 고려한 사면에서의 토양수분의 거동파악

## Movement Analyzing of Soil Moisture at a Hillslope Scale Considering Spatial-Temporal and Seasonal Characteristics

오경준\*, kwak Yong Seok\*, 김도훈\*, 김상현\*\*, 김현준\*\*\*, 김남원\*\*\*\*

Oh Kyung Jun, Kwak Yong Seok, Do Hoon Kim, Sang Hyun Kim, Hyun Jun kim, Nam Won Kim

---

### Abstract

In order to analyze movement of soil moisture, Time Domain Reflectometry(TDR) with multiplex system has been installed at the Bumreunsa hillslope of Sulmachun Watershed to configure spatial-temporal variation pattern considering seasonal characteristic. An intensive surveying was performed to build a refined digital elevation model(DEM) and flow determination algorithms with inverse surveying have been applied to establish an efficient soil moisture monitoring system. Soil moisture data were collected through an intensive and long term monitoring 380 hrs in November of 2003 and 1037 hrs in May and June of 2004. Soil moisture data shows corresponding variation characteristics of soil moisture on the up slope, buffer, main channel zones of the hillslope which were classified from terrain analysis. Inferences and limitations of measured soil moisture data were discussed in conjunction with flow characteristic through terrain analysis.

*Keywords* : TDR Soil Moisture, DEM

---

### 1. 서 론

우리나라의 강우특성이 장마에 한정적이라는 사실을 가만할 때 계절적 특성에 따라 토양수분의 특성을 파악하는 것이 필요하다. 왜냐하면, 봄에서 여름으로 진행되는 시기에 식생들의 활발한 증식과 기온의 상승에 따른 토양수분의 변화와 가을에서 겨울로 진행되는 시기에 이와 반대로 식생들의 증식이 둔화되고 기온 역시 내려감으로서 토양수분의 변화 양상이 각 계절마다 어떠한 특성을 보이는지 규명하는 것 역시 중요한 요소이다. 이러한 과정을 통해 포괄적인 수문학적 과정을 이해하고 정확한 모형의 구현을 위해서는 토양수분의 시공간적, 계절적인 특성을 파악하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 2003년 가을과 2004년 봄에 대상구역에서의 실 측량과 역 측량을 실시하여 도출한 수치고도모형(Digital Elevation Model)을 바탕으로 TDR 모니터링 시스템을 구축, 운영하여 강우사상 전후로 동적으로 변화하는 토양수분 자료를 시간단위로 획득한 후 자료를 집중적으로 분석하여 강우사상에 의한 토양수분의 계절적인 특성 변화와 시공간적 특성변화, 유출의 형성, 지체시간 등의 일련의 과정들을 규명하고자 하였다.

---

\* 정희원, 부산대학교 환경공학과 석사과정  
Research Assistant, Dept. of Environmental Engrg. Pusan National Univ., Pusan, 609-735 Korea  
\*\* 교신저자, 정희원, 부산대학교 공과대학 환경공학과 부교수  
Associate Professor, Dept. of Environmental Engrg. Pusan National Univ., Pusan, 609-735 Korea  
\*\*\* 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원  
Research Fellow, Dept. of Water Resources Research Korea Institute of Construction Technology.  
\*\*\*\* 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원  
Research Fellow, Dept. of Water Resources Research Korea Institute of Construction Technology.

## 2. 방법론

본 연구의 대상유역으로 산지가 대부분인 국내 지형을 반영할수 있는 경기도 파주시 적성면 마지리와 설마리의 설마천 유역내에 감악산 범륜사 우측 소규모 산지 사면을 선정하였다. (한국건설기술연구원, 2004).

토양수분 측정망 구성을 위해 대상지역의 정밀 DEM을 구축 후 이를 이용하여 습윤지수를 계산하였다. 습윤지수를 토대로 기영사면과 흐름경로를 예측하고, 기여사면이 없는 상부지점과 흐름 선상에 있는 수로지점 그리고 완충지점으로 분류하고 각각의 대표할만한 지점을 뽑아 탐침을 설치하였다.

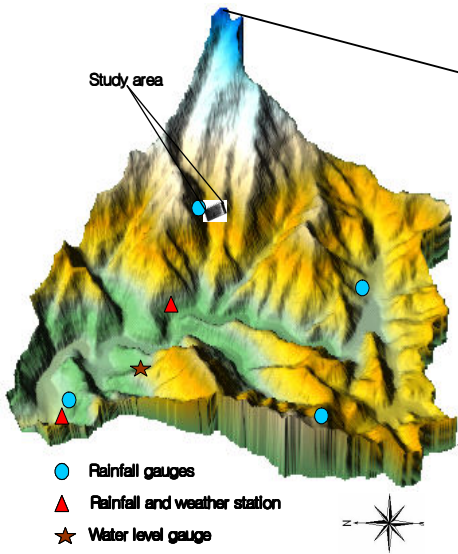


그림 1 대상유역

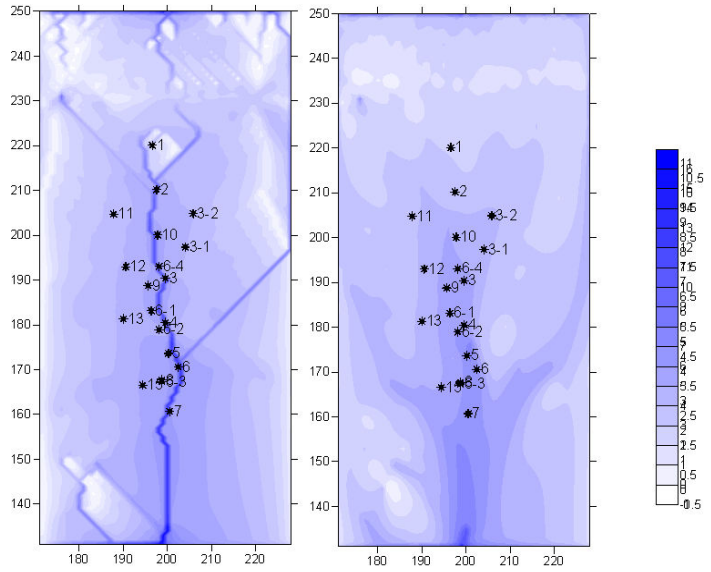


그림 2 토양수분 측정지점과 습윤지수분포(SFD,MFD)

토양수분에 영향을 미치는 계절적인 요인으로는 기온, 강우량, 습도, 식생들의 증식 등이 있다. 강우량은 2003년에 측정기간 동안 3.24 mm/day의 강우가 내렸으며, 2004년에는 3.3 mm/day의 강우가 발생하였다. 또한 아래 그림 3은 2003년 11월과 2004년 5월, 6월의 기온 변화를 나타낸 것이다.

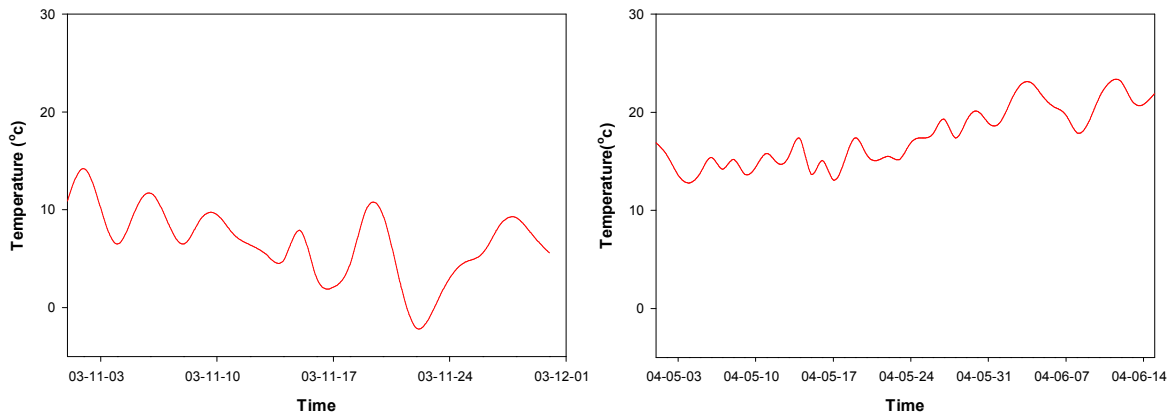


그림 3 기온변화 ( 2003년 11월1일 , 2004년 5월1일~6월15일 )(기상청 2005)

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 상부지점

상부사면 토양수분의 전형적인 특성은 빠른반응과 빠른해소이다. 이는 기여사면이 작은 공간상의 특성으로 볼수 있다. 그런한 지배적인 공간 특성하에서도 계절적 특성을 보이는데 이는 증발산에 따른 강우량 대 토양수분 비이다.

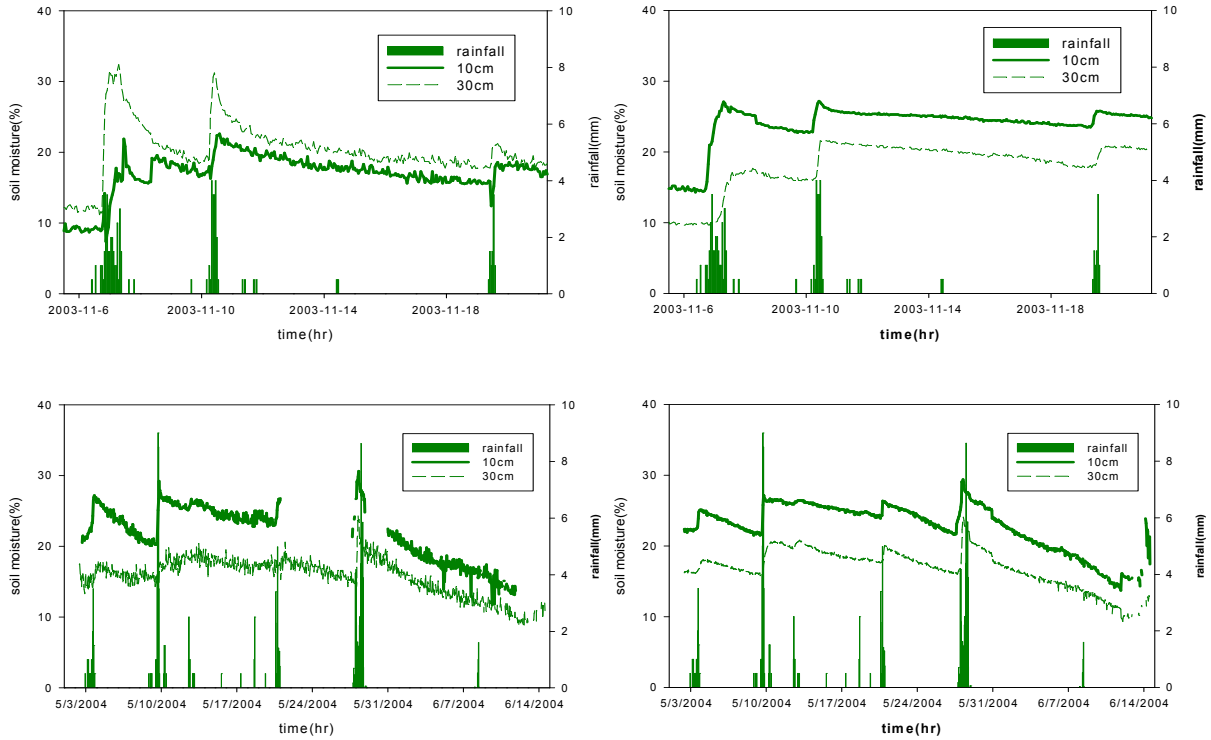
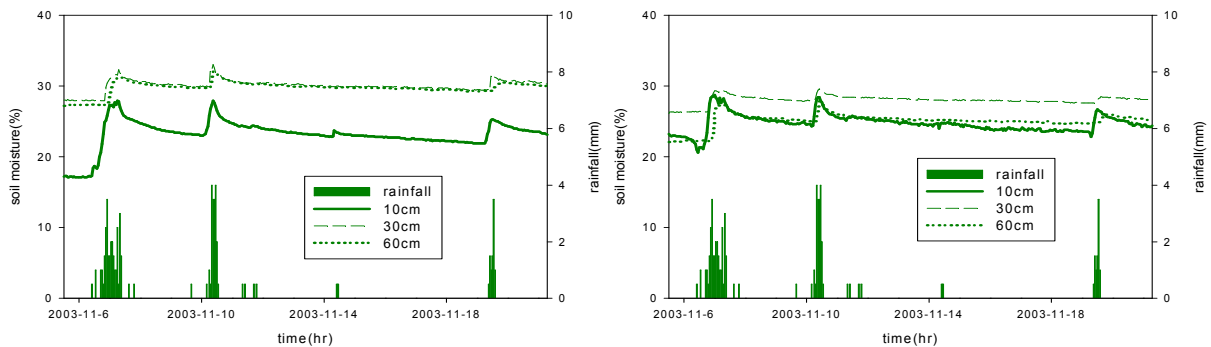


그림 4 상부지점의 토양수분 2003년 1지점, 2003년 2지점, 2004년 1지점, 2004년 2지점

#### 3.2 완충대

완충대의 토양수분의 공간적 특성은 상부지점에 비해 큰 기여사면으로 인해 토양수분의 안정적 변화라고 볼수 있다. 계절적특성은 상부사면과 마찬가지로 증발산이 적게 발생하는 가을-겨울기에 봄-여름 기간보다 토양수분이 많은걸 알수 있다.



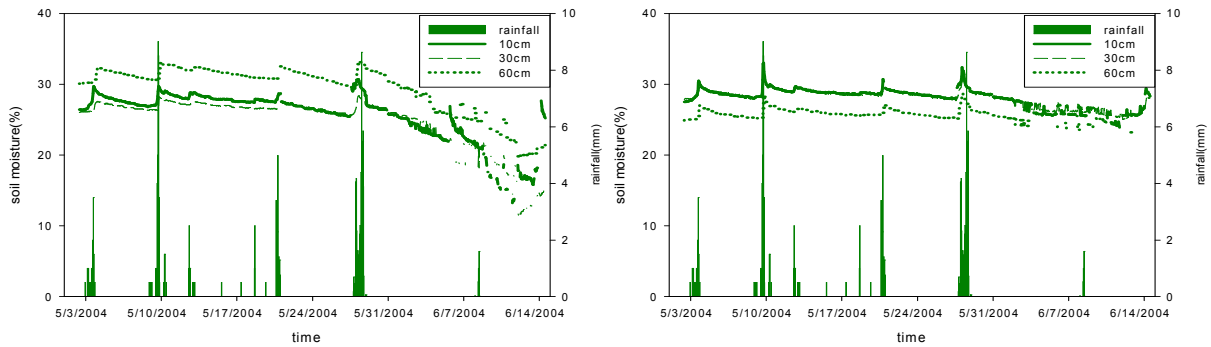


그림 5 완충대의 토양수분 2003년 6-1지점, 2003년 6-2지점, 2004년 6-1지점, 2004년 6-2지점

### 3.3 수로지점

수로지점의 흐름선상에 있는것과 함께 현장에서 지표흐름이 발생하는것을 관찰할 수 있었다. 이러한 공간적인 특성상 토양수분은 급격한 증가와 급격한 감소를 나타낸다. 계적적 특성은 전체적인 토양수분량도 차이가 있으나 감소하는 양상이 달라진다. 이는 식생에 의한 공극의 변화로 해석할수 있다.

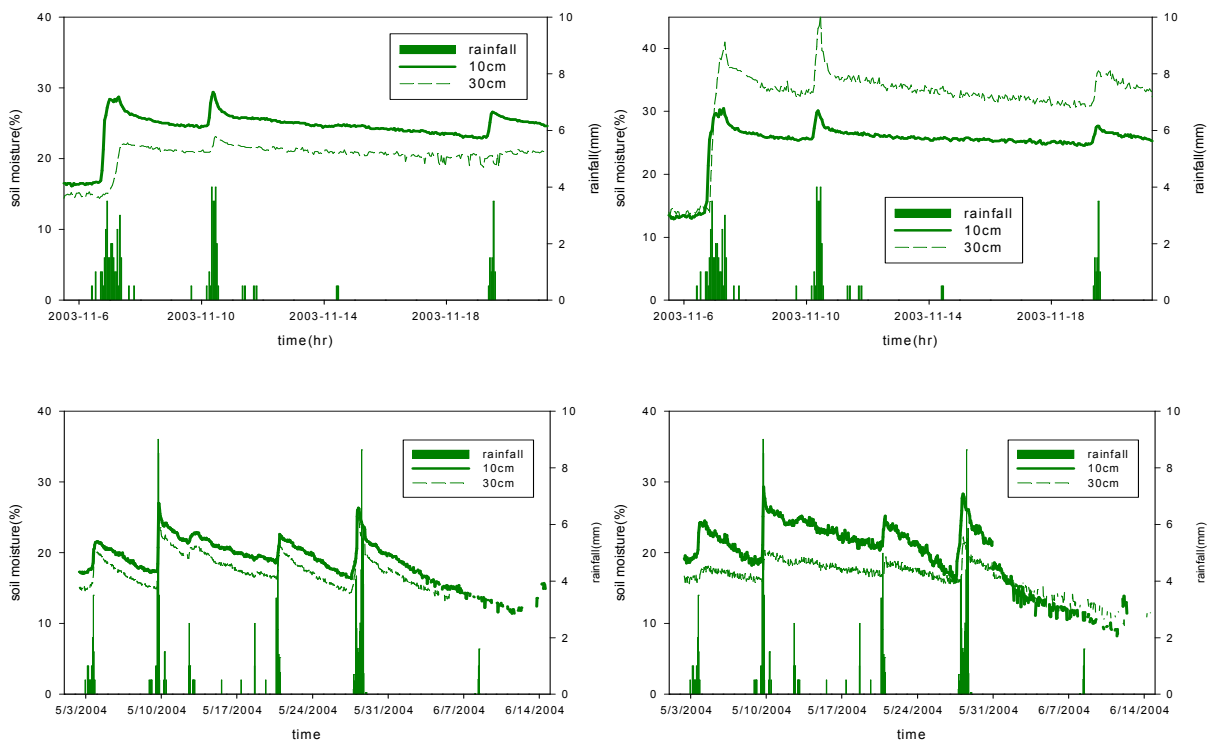


그림 6 수로지점의 토양수분 2003년 6지점, 2003년 7지점, 2004년 6지점, 2004년 7지점

#### 4. 결 론

1. 상부지점에서는 전반적으로 토양수분이 급격한 증가를 보이는 등 전반적으로 강우에 대하여 민감하고 급격한 반응을 보이고 있으며 토양수분은 지점별로 각기 다른 특성을 보이며 계절별로는 강우에 대한 변화 양상은 비슷하나 봄에서 여름으로 가는 시기에는 감쇄 현상이 가을에서 겨울로 가는 시기에는 충전현상이 일어나는 것을 알 수 있었다.
2. 완충대의 특징은 토양수분의 증가, 감쇄가 비교적 완만하여 급격한 증가나 급격한 감쇄를 나타내지 않고 안정적이다. 상부지점과 비교해 볼 때 완충대는 강우 사상 전 초기 토양수분 함량이 높은 편이고 강우사상 후의 토양수분은 상, 중단부가 거의 비슷해지는 것을 볼 수 있다. 이는 상부사면으로 지속적인 유입의 결과라고 해석되며 계절적인 요인 보다는 공간적인 특성에 더 지배되어진다고 판단된다.
3. 수로지점들에서는 봄에서 여름으로 가는 시기와 가을에서 겨울로 가는 시기에서의 변화 양상이 완전히 다르며 봄에는 토양수분이 흐름라인을 따라 급격히 빠져나가며 가을에는 흐름라인을 따라 계속적으로 충전되어지는 것을 알 수 있다. 또한 일별로 내린 강우량 비율은 봄철이 가을철보다 많음에도 불구하고 봄철에는 토양수분의 지속적인 감소가 가을철에는 충전현상이 나타나는 것을 알 수 있었다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 과학기술부와 건설 교통부가 지원하는 수자원 지속적 확보기술개발사업단의 연구부 지원(과제번호 : 1-8-2)에 의해 수행되었습니다. 이 과제의 부분은 BK21의 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. 한지영, 김상현, 김남원, 김현준 (2003) “유사 동력학적 습윤지수와 동력학적 습윤지수의 개발과 적용” **한국수자원학회 논문집**, 제36권, 제6호, pp.961-969
2. 한국건설기술연구원, (2004) “시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구”, **연구보고서**, 건기연 98-077.
3. 기상청 홈페이지, <http://www.kma.go.kr> (2005)
4. 한국 건설 교통부, (2001) “수자원의 장기 종합계획”, 연구 보고서, pp. 5-13
5. Barling, Moore and Grayson(1994). "A quasi-dynamic wetness index for characterizing the spatial distribution of zones of surface saturation and soil water content" *Water Resources Research*, Vol 30, No. 4. pp. 1029-1044.
6. Beven K, Germann P(1982)."Macropores and Water Flow in Soils." *Water Resour. Res.*, vol. 18(5), pp. 1311-1325.
7. Beven and Kirkby(1979). "A physically-based, variable contributing area model of basin hydrology" *Hydrological Sciences Bulletin*, Vol 24, pp. 43-69.
8. O'Callaghan, JF., Mark D.M.(1984)."The extraction of drainage networks from digital elevation data." *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, vol. 28, pp.323-344
9. O'Loughlin(1986). "Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis" *Water Resources Research*, Vol 22, No. 5. pp. 794-804.