

# 인공위성 토양수분 자료 검증에 관한 연구

## Verification Study for Remotely Sensed Soil Moisture

허유미\* · 최민하\*\*, 정성원\*\*\*  
YooMi Hur, Minha Choi, Sung-Won Jung

### 요 지

토양수분은 수문현상 즉, 물의 순환과정을 이해하고 기상변화를 고려하는데 중요한 인자 중 하나이며 이는 최근 이상기후로 인한 가뭄 및 홍수 등의 자연재해가 우리나라 전역에 빈번히 발생되고 있는 가운데 이러한 현상을 보다 정확히 해석하기 위해 토양수분의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 현재 이를 관측 및 분석하고 있으나 대부분 관측기간이 짧고 장비가 노후화되어 많은 결측치를 나타내고 있으며 관측치가 있더라도 여러 가지 요인으로 인해 관측에 대한 분석의 신뢰도가 떨어진다. 이로 인하여 본 연구에서는 광역적 범위에서 정확한 토양수분량 측정을 하고 있는 Advanced Microwave Scanning Radiometer E (AMSR-E) 위성관측 데이터를 기존의 토양수분 자료와 비교/검증하여 이의 활용방안을 모색하고자 한다.

**핵심용어** : AMSR-E, 토양수분, 원격탐사

### 1. 서 론

우리나라의 강수는 계절간의 변동이 심하고 우기와 건기가 비교적 뚜렷이 구별되지만 최근 지구온난화 및 이상 기후 등 기후변화로 인해 강수 현상의 변동이 나날이 심각해지고 있는 실정이다. 그리하여 전 세계 뿐만 아니라 우리나라 또한 물 부족 현상이 가속화 되고 있으며 이에 대한 해결책을 모색하고자 이와 관련된 증발산, 토양수분 등 여러 가지 수문현상에 대한 인자의 관측 및 연구가 중요시 되고 있다. 그 중 특히 토양수분은 토양이 함유하고 있는 수분으로서 물 순환 시스템에서 낮은 비율을 차지하고 있지만 대기와 토지를 연결해주는 고리 역할을 하며 또한 강우-유출, 지형변화 등 앞서 말한 수문 현상을 이해하는데 중요한 인자이다. 이렇듯 토양수분은 수자원 및 기상 관측에 있어서 중요한 요소임에도 불구하고 우리나라의 경우 이에 관한 현장관측 및 연구 현황이 미비한 실정이다. 비록 토양수분 관측을 하고 있지만 관측기간이 짧고 이를 관측하는 장비의 노후화로 수많은 결측치를 나타내고 있어 이에 따른 토양수분 자료에 대한 정확성과 신뢰도가 떨어진다(김광섭 외, 2009). 최근에는 과학 기술의 발달로 인해 인공위성을 이용하고 있으며 그 중 Aqua 위성에 탑재된 Advanced Microwave Scanning Radiometer E (AMSR-E)를 이용하여 토양수분을 관측 및 측정하고 있다 (Njoku 외, 2003). 본 연구에서는 농업기상정보시스템 (<http://weather.rda.go.kr/>)에서 관측된 2000~2009년의 약 60여개의 자료 중 2004년의 8개 지점을 선정하였으며 이를 AMSR-E에서 제공 받은 토양수분 자료와 함께 나타내었다.

### 2. 연구지역

\* 한양대학교 건설환경공학과 석사과정 (E-mail : youm1030@hanyang.ac.kr)

\*\* 교신저자 한양대학교 건설환경공학과·조교수·공학박사 (E-mail : mchoi@hanyang.ac.kr)

\*\*\* 유량조사사업단 단장·공학박사 (E-mail : swjung@kict.re.kr)

현재 우리나라에서는 농업기상정보시스템 (<http://weather.rda.go.kr/>)에서 약 60개 지역에 대해 10cm 깊이에서 측정된 토양수분 값을 얻을 수 있으며 (그림 1), 이 중 AMSR-E를 사용하여 관측된 토양수분과 검증할 대상지역은 2004년도에 대한 8개의 지역을 선택하였다. 선택한 지점은 춘천, 평창, 봉화, 상주, 안동, 청송, 논산, 청주로 각 지역에 대한 측정 방식은 Time Domain Reflectometry (TDR)이며 대부분 지역의 측정 환경은 초지이고 토양은 사양토와 양토로 이루어져 있다 (표 1).

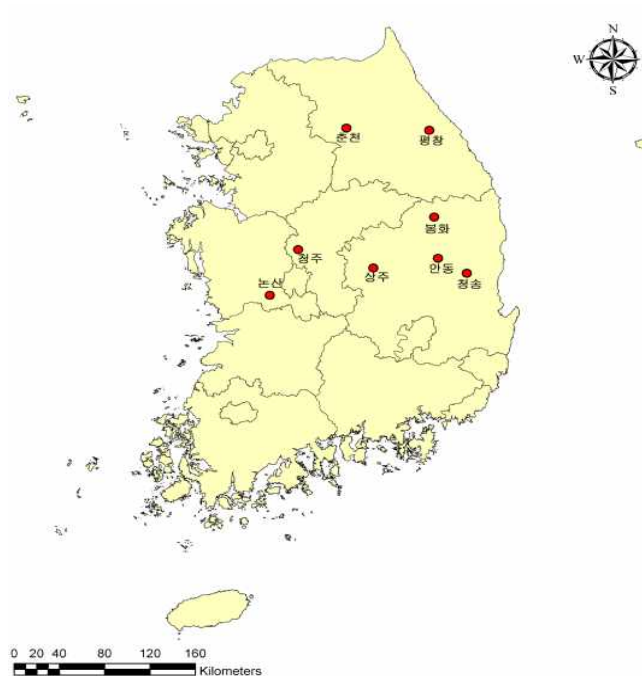


그림 1. 대상지역

표 1. 대상지역의 정보

지역	설치환경	위도	경도	토성
춘천	초지	37.71°N	127.91°E	사양토
평창	초지	37.68°N	128.74°E	양토
봉화	초지	36.90°N	128.77°E	사양토
상주	초지	36.45°N	128.17°E	사양토
안동	초지	36.53°N	128.80°E	사양토
청송	초지	36.39°N	129.08°E	양토
논산	초지	36.21°N	127.14°E	양토
청주	초지	36.62°N	127.42°E	사양토

### 3. Advanced Microwave Scanning Radiometer E (AMSR-E)

Advanced Microwave Scanning Radiometer E (AMSR-E)는 Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)에 의해 개발되고 2002년 5월 National Aeronautics and Space Administration (NASA)의해 Aqua 위성에 탑재되어 발사된 센서이다 (Bindlish 외, 2006). 이는 6개의 다른 주파수 (6.9, 10.7, 18.7, 23.8, 36.5, 89 GHz)를 가지고 있으며, 이를 이용하여 12개의 채널에서 밝기 온도 Brightness Temperature (Tb)를 측정한다. 뿐만 아니라 6개의 주파수 중에서 6.9 GHz (C

band)와 10.7 GHz (X band)가 가장 유용하게 사용되고 있으며, 이는 기상조건에 관계없이 토양수분을 관찰하고 있다 (Njoku 외, 2003).

표 2. AMSR-E의 특징

Center frequencies(GHz)	6.92	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0
Bandwidth(MHz)	350	100	200	400	1000	3000
Sensitivity(K)	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	1.1
IFOV(km)	76×44	49×28	28×16	31×18	14×8	6×4
Sample spacing(km)	10×10	10×10	10×10	10×10	10×10	5×5
Integration time(ms)	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	1.3
Main-beam efficiency(%)	95.3	95.0	96.3	96.4	95.3	96.0
Beamwidth(MHz)	2.2	1.4	0.8	0.9	0.4	0.18
Antenna diameter(m)	1.6					
Scan period(s)	1.5					
Antenna offset angle(deg)	47.4					
Earth-incidence angle(deg)	54.8					
Orbit altitude(km)	705					
Swath width(km)	1445					
Orbit type	Sun-synchronous, 98.2° inclination, 1:30 pm equator crossing					
Orbit period(min)	98.8					
Sub-spacecraft velocity( $km\ s^{-1}$ )	6.76					

#### 4. 결과 및 고찰

본 연구에서는 농업기상정보시스템에서 제공한 토양수분 자료를 바탕으로 8개의 지점의 2004년 토양수분 자료를 선정하였으며 이를 AMSR-E 토양수분자료와 비교 하였다.

표 3. 관측 토양수분 자료와 AMSR-E 토양수분 자료(%)의 비교 (5월~10월)

대상지역	AMSR-E	
	BIAS	RMSE
춘천	-22	26
평창	-24	26
봉화	-16	20
상주	12	17
안동	-8	11
청송	-14	16
논산	0	8
청주	2	10

AMSR-E 와 8개 선정지점의 2004년의 토양수분을 현황을 살펴본 결과 강원도 지역의 춘천과 평창 지점에서의 AMSR-E 와 측정된 토양수분의 오차가 가장 큰 것으로 나타났다 (표 3). 이는 강원도가 다른 지역에 비해 산림으로 구성되어 있어 Vegetation Optical Depth에 의한 불확실성 때문에 이 같은 결과가 나타나는 것으로 판단된다.

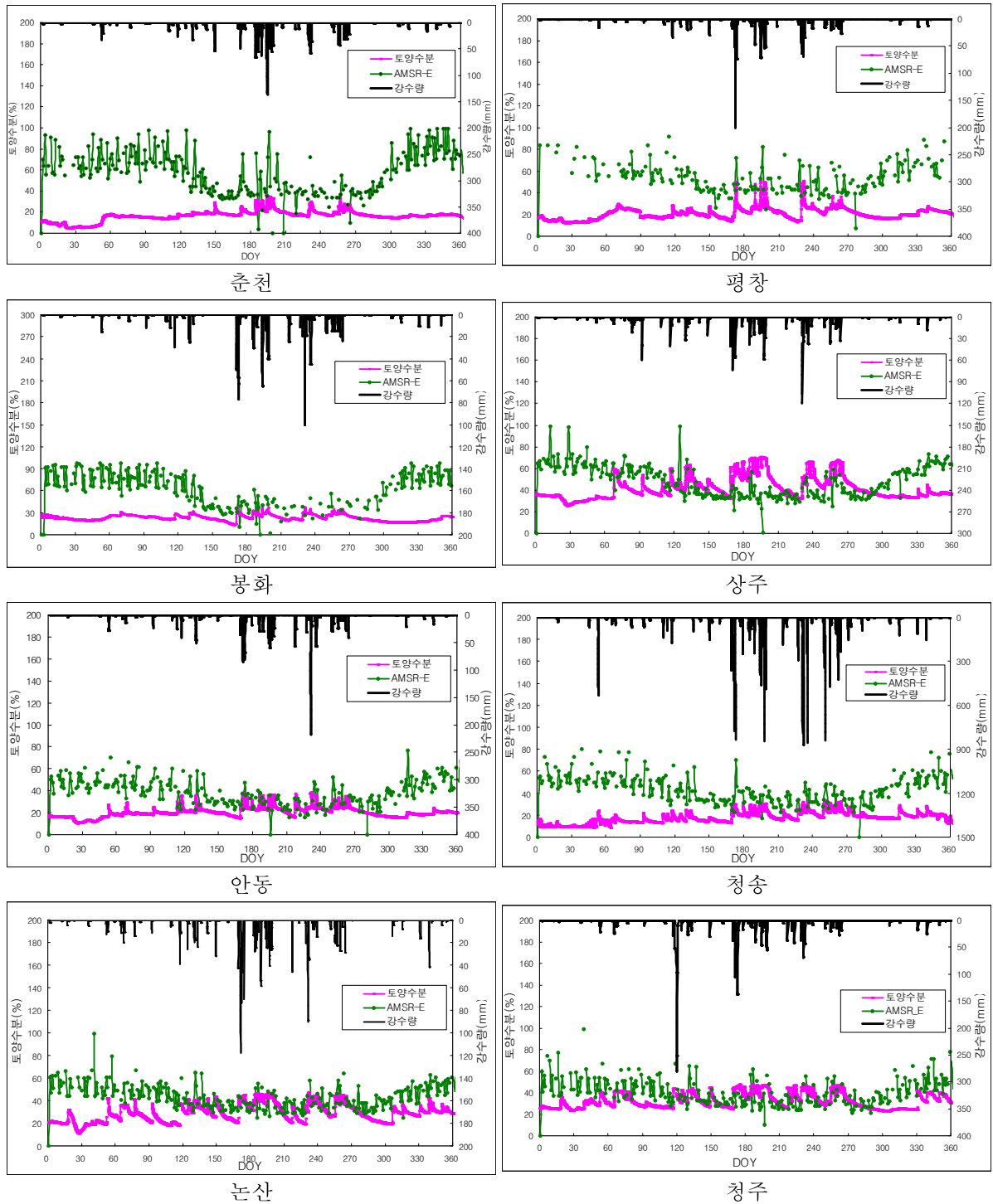


그림 2. AMSR-E와 8개 선정지점의 2004년 토양수분 현황

그러나 전반적으로 살펴보면, 봄과 겨울에는 토양이 동토(Frozen Soil)이므로, 오차가 나타나는 것을 볼 수 있고, 여름기간에는 비교적 강수량에 대한 토양수분의 변화량이 잘 나타나는 것을 알 수 있다 (그림 2). AMSR-E 와 8개 선정지점의 대한 2004년의 토양수분의 비교는 여름기간에서 실시하였으며 그림 3과 같은 결과를 나타낸다.

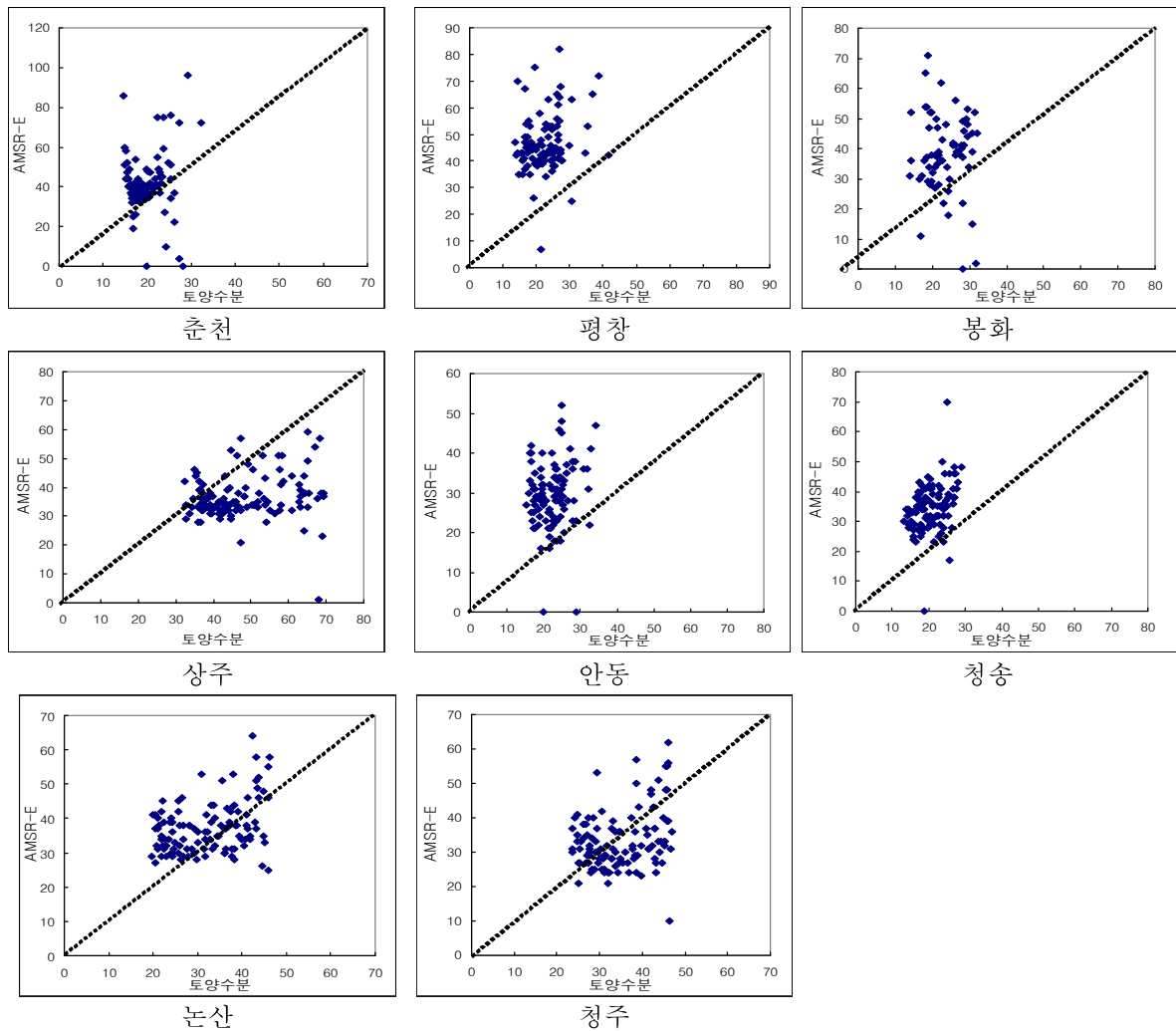


그림 2. AMSR-E와 8개 선정지점의 2004년 토양수분 비교

## 5. 결 론

본 연구에서는 강원도 춘천과 평창 지점에서의 AMSR-E 토양수분과 농업기상시스템에서의 관측 토양수분 값이 다소 큰 차이를 보인다는 것을 확인하였다. 이는 강원도 지역이 산림으로 구성되어 있어 Vegetation Optical Depth에 의한 불확실성이 춘천과 평창 지역의 반영된 결과이며, 위 지점들의 결과를 통해서 지리적 위치와 환경이 토양수분 값에 영향을 끼침을 알 수 있다. 그러나 이 두 지점을 제외한 나머지 지점에서는 전반적으로 AMSR-E 와 측정된 토양수분 자료에서는 비교적 상관성이 큰 것을 알 수 있었다. 그리하여, 향후 본 결과를 바탕으로 지리적인 특성과 계절적인 변화 등을 고려하여 토양수분의 검증작업이 이루어진다면 인공위성 자료 활용성을 모색하는데 큰 도움이 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 유량조사사업단 - “인공위성자료를 이용한 증발산 및 토양수분의 공간적 mapping 작성 기반구축” 과제의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 김광섭, 김종필, 박한균(2009). 기상관측자료와 위성영상자료를 연계한 토양수분 산정, 대한토목학회 2009년도 정기 학술대회 논문집 pp. 3439~3442
2. Bindlish, R., Jackson, T.J., Gasiewski, A.J., Klein, M., Njoku, E.(2006). Soil moisture mapping and AMSR-E validation using the PSR in SMEX02 Remote Sens Environ., vol 103, pp. 127-139
3. Njoku, E. G., Jackson, T. J., Lakshmi, V., Chan, Tsz K., Nghiem, S. V.(2003). Soil Moisture Retrieval From AMSR-E. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 41, pp. 215-229.