

한반도 증발산량 및 토양수분 산정기술 개발



최민하
성균관대학교 수자원전문대학원 교수
mhchoi@skku.edu



김동균
홍익대학교 토목공학과 조교수
dekaykim@gmail.com



백종진
성균관대학교 건설환경연구소 박사후연구원
jjbaek@skku.edu



김성균
성균관대학교 건설환경연구소 석사
skkim15@skku.edu



박정하
홍익대학교 토목공학과 석사과정
parkjungha1121@gmail.com

1. 머리말

과학이 발전함에 따라, 기술 및 연구 능력이 점차 증가함에 따라 국내에서도 여러 분야에서 눈부신 발전을 이루고 있다. 특히, 한반도와 같이 지형적, 계절적 특성이 다양한 국가에서는 자연재해로부터 자국의 안전을 위한 기술 개발의 필요성이 대두되고 있다. WHAP연구단은 국토관측센서(Satellite, Radar, AWS 등)를 활용하여 한반도 및 동북아시아 영역에서의 수재해 감시·평가·예측 등의 분석 및 정보 제공을 목표로 하고 있다.

본 고에서는 2세부 “SRA 기반 가뭄/하천건천화 평가 및 예측기술”에 관련하여 2-1세세부(동북아 및 한반도를 대상으로, MODIS 위성영상 기반의 수문요소(증발산, 토양수분) 산정기술을 개발하여, 미세측지역 정보, 가뭄, 건천화 정보화를 지원하는 입력DB 구축기술)의 진행 사항 및 향후계획에 대하여 소개하고자 한다.

2. 2-1세세부 연구 방향

WHAP 연구단에서 2-1세세부는 성균관대학교와 홍익대학교와의 협업을 통하여 3개의 단위과제로 구분되어 연구를 진행하고 있다. 성균관대학교 연구팀(최민하 교수)은 지구의 수문변화를 관측 할 수 있는 인공위성 자료를 이용하여 수문기상인자, 한

반도에서의 증발산 산정 및 Microwave 및 optical sensor 위성정보 자료들을 이용하여 토양수분 산정에 관한 연구를 실시하고 있으며, 홍익대학교 연구팀(김동균 교수)은 위성자료/지점 기반 자료를 이용하여 수문 기상인자 자료의 융합을 통한 DB화에 관련한 연구를 실시하고 있다.

2.1 인공위성정보 자료를 활용하여 증발산 산정 기술

2-1세세부의 총 3개의 단위과제 중 인공위성을 이용한 수문기상인자의 산정 및 지표면에서의 증발산 산정에 관련된 부분을 진행하고 있다. 본 단위과제는 1단계(1차년도-3차년)에 1차년에 인공위성을 수문기상인자 및 분석, 활용에 관한 선행연구 파악 및 연구에 활용하기 위한 최적의 인공위성 자료를 선정하였으며, 2차년도에는 선정된 인공위성을 활

용한 수문기상인자의 산출, 에너지 수지 방법을 통한 장/단파 복사량 산정, 순복사에너지 산정에 관련된 기술 개발을 실시하였고, 증발산을 산정하기 위한 알고리즘 파악 및 조사를 진행하였다. 3차년도에 들어 남한 영역에서의 증발산 산정 알고리즘의 개발에 착수하여 지점 자료와의 검증을 통한 신뢰성을 확보하였다. 2단계(4차년도-5차년도)에는 1단계에서 정립된 방법을 통하여 동북아시아 영역에서의 증발산 산정에 관한 시스템 개발 및 보완을 실시할 예정이며, 추후에 WHAP 연구단 시스템을 통하여, 남한 뿐만이 아닌 동북아시아 영역에서의 실제증발산 및 수문기상인자에 관한 DB가 제공될 예정이다. 이를 통하여 남한 및 동북아시아 영역에서의 수문기상인자의 시공간적인 변동성을 파악하는데 도움이 될 것으로 파악된다.

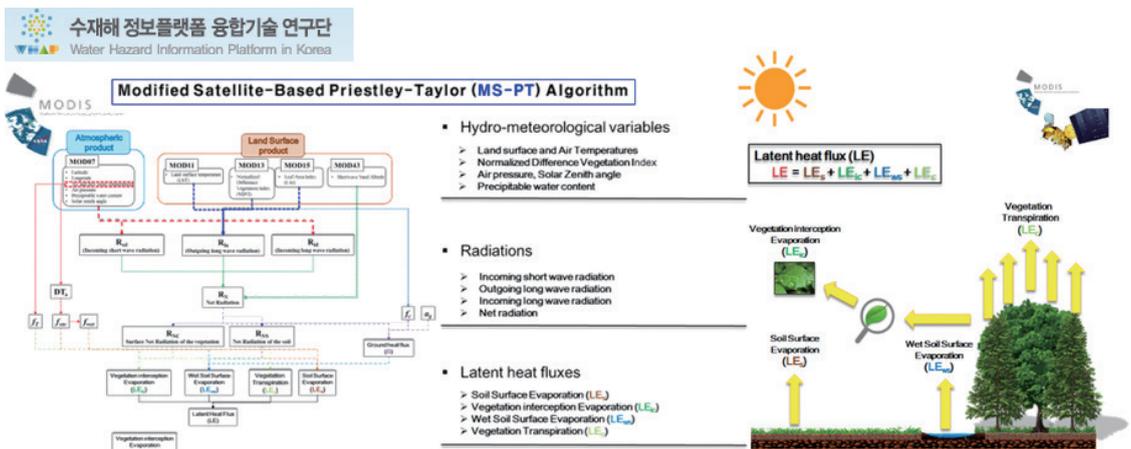


그림 1. 인공위성을 이용한 실제증발산 산정 개념도

2.2 인공위성기반 토양수분 산정 기술

2-1세세부의 단위과제에서 인공위성을 이용한 수문기상인자의 산정 및 지표면에서의 토양수분 산정에 대한 부분을 진행하고 있다. 1단계(1차년도-3차년) 중 1차년도에는 인공위성 기반 토양수분 산출

및 활용에 대한 국내외 선행연구를 파악하여 토양수분 산정에 적합한 최적의 인공위성 자료를 선정하였으며, 2차년도에서는 선정된 자료들 중 마이크로파 센서를 기반으로 한 인공위성 토양수분 산출물을 남한 지역에 적용하여 지점관측자료와의 비교를 통해 이를 평가하였다. 3차년도에서는 선정된 자

료들 중 다분광 센서 기반의 인공위성 자료를 이용하여 수문기상인자를 산정하고, 이를 토대로 고해상도 토양수분 산정 알고리즘을 구축하여 산정한 고해상도 토양수분 자료를 남한 지역 지점관측자료를 통해 검증하였다. 2단계(4차년도-5차년도)에는 1단계에서 검증된 마이크로파/다분광 위성 토양수분 자료들을 동북아시아 범위의 확대된 영역으로 산정하고, 이를 융합하여 최적의 토양수분 산정에 관한 시스템

개발 및 보완을 실시할 예정이다. 이는 최종적으로 WHAP 연구단 시스템을 통해, 한반도 지역을 포함한 동북아시아 영역에서의 고해상도 토양수분에 관한 DB가 제공될 예정이다. 구축된 토양수분 DB를 통해 동북아시아 영역에서 토양수분의 시공간적인 변동성을 파악할 수 있으며, 수재해 분석 및 대응 모델에 기초 입력 자료로 활용 될 수 있다.

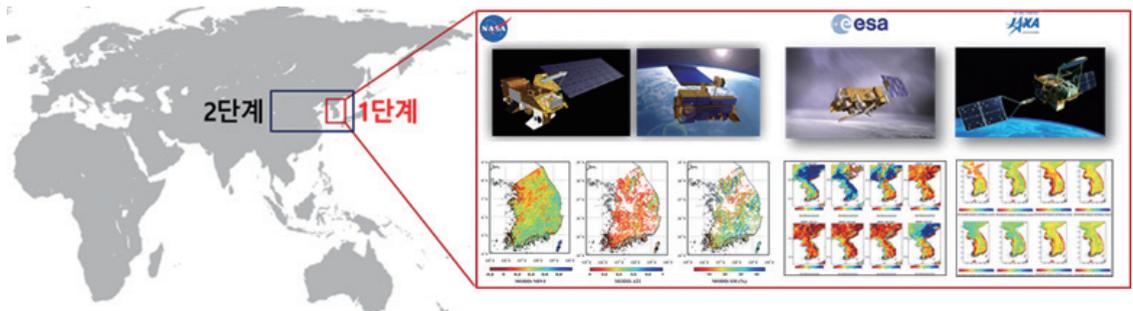


그림 2. 인공위성을 이용한 마이크로파/다분광 센서 기반 토양수분 산정

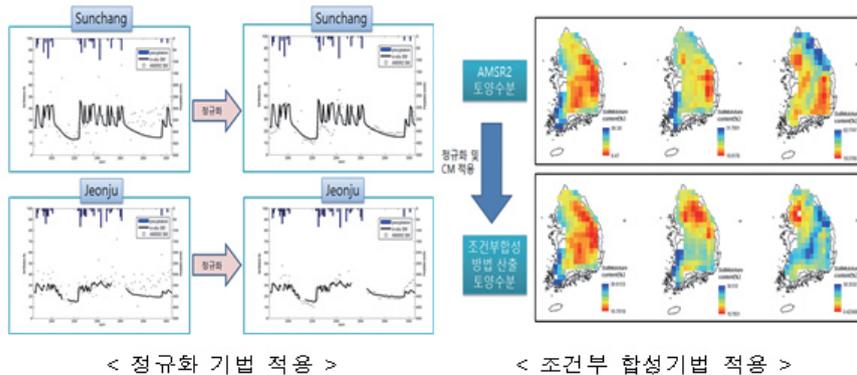
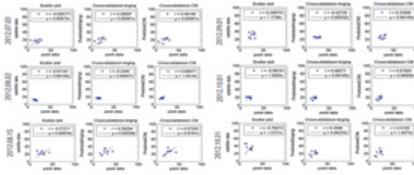


표 정규화 적용결과

Stations	Original			Normalization & Filtering		
	Slope	RMSE	r	Slope	RMSE	r
Gyongsan	0.6909	12.4941	0.1991	0.7071	9.2025	0.6387
Gokseong	1.3336	15.2933	-0.2382	1.1407	9.4070	0.2220
Sunchang	1.1321	14.3487	0.1421	0.9240	7.0341	0.6499
Imfi	1.0323	10.9001	0.1520	0.8776	6.8136	0.6783
Jeonju	1.2851	10.5394	0.3498	1.0475	4.7032	0.8199
Cheonwon	2.1642	28.5965	0.0025	1.6892	17.7726	-0.0283
Chundeon	2.7550	30.3646	0.1054	2.2484	18.7193	0.5980
Hapcheon	1.3054	10.8879	0.2954	1.1234	6.3415	0.5864



< 정규화 기법 적용 결과 >

< 조건부 합성기법 적용 결과 >

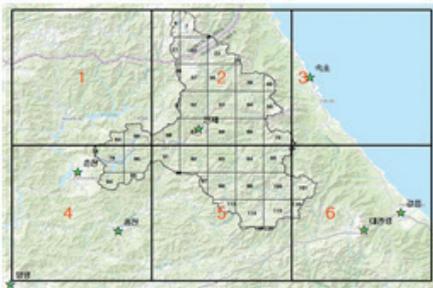
그림 3. 위성/지점 토양 수분자료의 융합 기술 및 검증

2.3 자료동화

수문기상인자는 파악하는데 있어 가장 정확하고 이상적인 방법은 현장에서 직접 관측하는 것이지만 현장 관측에는 시·공간적 제약과 유지·관리에 필요한 비용이 발생하므로, 이러한 한계에 대한 대안

으로 지표해석모형을 제시할 수 있다.

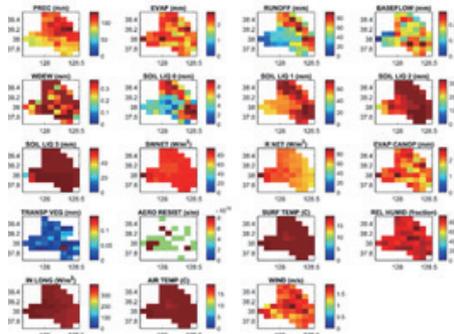
본 연구는 먼저 정규화 및 조건부합성 기법을 통하여 지표해석모형의 입력자료가 되는 토양수분자료의 융합 방법 제시하였고, 국내 자료에 적용성을 검토하였다(그림3).



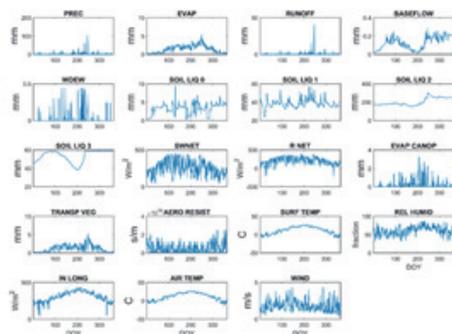
< 소양강댐 상류 유역 격자정보 생성 >

Parameter	Description	Range
b_infil	Variable infiltration curve parameter	10 ⁻⁵ ~ 0.4
Ds	Fraction of D _{max} where non-linear baseflow begins	0.001 ~ 1.0
Ds_max	Maximum velocity of baseflow	1 ~ 40
Ws	Fraction of maximum soil moisture where non-linear baseflow occurs	0.5 ~ 0.9
Wcr	Fractional soil moisture content at the critical point	Fraction
Wpwp	Fractional soil moisture content at the wilting point	Fraction
residM	Soil moisture layer residual moisture	Fraction

< 토양 매개변수 선정 >



< 격자별 수문 기상인자 산출 >



< 수문기상인자 산출 (2014년 해당) >

그림 4. 소양강댐 상류 유역에 대한 지표해석모형 구축 및 수문인자 산출

연구의 다음 단계로는 광범위한 지역에 대해 적용하기 앞서, Testbed를 선정하여 지표해석모형 입력 자료를 구축하고, 해당 유역에 대한 격자별 수문인자를 산출하였다(그림4). 소양강댐 상류유역을 대상으로 수행하였으며, 2014년 기간에 대하여 19개의 수문인자를 격자별로 산출하였다. 이를 기반으로 단위 과제 최종결과물로는 남한 전역에 대하여 지표해석모형을 통한 수문인자 산출 및 데이터베이스 구축을 목표로 하고 있으며, 연구단 플랫폼에 탑재하여

정보 제공 및 건천 및 가뭄분석에 활용될 수 있다.

3. 맺음말

기후변화로 인한 수문기상인자의 변동성이 대두됨에 따라 시공간적인 수문기상학적 인자의 산출이 자연재해를 대비하는데 중요한 인자로 부각되고 있다. 그러나 현재 국내에서 수자원 관리는 강우와 유

출과 같은 부분에만 집중하고 있으며, 다른 수문기상인자에 대한 관측 시설이 매우 부족한 실정이다.

본 연구는 증발산, 토양수분, 식생과 같은 수문기상인자를 관측하여 수자원뿐만 아니라 농업, 에너지 분야 등 다양한 분야에서 활용 가능하며, 또한 인공위성을 이용한 수문기상인자의 산출은 미관측 지역에서의 자료를 산출함은 물론 지점관측지점에서 소요되는 유지관리 비용을 절감할 수 있어 부가가치가 높다.

본 연구 결과는 국내의 복잡한 식생 환경에 대해 최적화된 고해상도 토양수분 D/B를 구축하여 홍수 및 가뭄 등 수재해 예측 기술 향상에 기여, 인공위성 토양수분 관측자료 처리에 대한 표준화된 지침을 제

시할 수 있다. 또한 수문인자 DB의 확보를 통해 정확한 유역의 물수지 분석을 가능케 하여 하천 건천화/가뭄/홍수 등의 수문관련 재해에 대한 지역성과 계절성이 고려된 정밀한 대책의 수립을 가능하게 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비 지원(17AWMP-B079625-04)에 의해 수행되었습니다.