

시간 해상도 변화에 따른 IMERG 정확도 평가*

김주훈^{1*} · 최윤석¹ · 김경탁¹

Evaluation of the Accuracy of IMERG at Multiple Temporal Scales*

Joo-Hun, KIM^{1*} · Yun-Seok, CHOI¹ · Kyung-Tak, KIM¹

요 약

본 연구는 위성으로부터 유도된 강우자료 중 GPM IMERG의 정확도를 평가함으로써 미계측 혹은 비접근 지역에 대한 적용성을 판단하는 것을 목적으로 하였다. 연구대상 유역은 한반도 전역에 대하여 6개 권역으로 구분하여 분석을 수행하였다. 연구 유역에 대한 강우자료는 기상청에서 생산하고 있는 ASOS의 강우량 자료와 IMERG 위성강우자료를 이용하였다. 1시간의 시간해상도에서 평균 0.46의 상관계수를 가지며 24시간 해상도의 상관분석에서는 0.69로 높은 상관관계를 보이는 것으로 분석되었다. IMERG 강우량은 지상계측 강우량 보다 과소추정되는 것으로 분석되었으나, 시간 해상도가 낮아질수록 편이가 감소하는 것으로 분석되었다. 한편, 강우가 큰 기간의 사상 2개를 선정하여 분석한 결과 1시간 해상도의 상관계수는 0.68 및 0.69 값을 나타내었다. 또한 강우의 공간분포도 ASOS 및 IMERG 모두 유사한 분포를 보이는 것으로 분석되었다. 그러므로 IMERG 자료는 계측자료가 부족하거나 접근이 어려운 지역에서의 수문 기상 특성을 파악하는데 매우 유용할 것으로 판단된다. 향후 연구에서는 분석기간의 확장과 다양한 통계 분석 방법을 적용하여 위성강우의 정확도를 검증하는 연구를 수행할 계획이다.

주요어 : 위성강우, IMERG, ASOS, 시간해상도, 정확도

ABSTRACT

The purpose of this study was the assessment of the accuracy of Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM (IMERG), a rainfall data source derived from satellite images, for evaluation of its applicability to use in ungauged or inaccessible areas. The study area was the overall area of the Korean peninsula divided into six regions. Automated Surface Observing System (ASOS) rainfall data from the Korean Meteorological Administration and IMERG satellite rainfall were

2017년 11월 15일 접수 Received on November 15, 2017 / 2017년 12월 14일 수정 Revised on December 14, 2017 / 2017년 12월 19일 심사완료 Accepted on December 19, 2017

* 본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비 지원(17AWMP-B079625-04)의 연구비지원에 의해 수행되었음.

1 한국건설기술연구원 수자원·하천연구소 Dept. of Hydro Science and Engineering Research, KICT

* Corresponding Autor E-mail : jh-kim@kict.re.kr

used. Their average correlation coefficient was 0.46 for a 1-h temporal resolution, and it increased to 0.69 for a 24-h temporal resolution. The IMERG data quantitatively estimated less than the rainfall totals from ground gauges, and the bias decreased as the temporal resolution was decreased. The correlation coefficients of the two rainfall events, which had relatively greater rainfall amounts, were 0.68 and 0.69 for a 1-h temporal resolution. Additionally, the spatial distributions of the ASOS and IMERG data were similar to each other. The study results showed that the IMERG data were very useful in the assessment of the hydro-meteorological characteristics of ungauged or inaccessible areas. In a future study, verification of the accuracy of satellite-derived rainfall data will be performed by expanding the analysis periods and applying various statistical techniques.

KEYWORDS : *Satellite Rainfall, IMERG, ASOS, Temporal Resolution, Rainfall Accuracy*

서 론

우리나라 물산업 관련 기술은 세계적 수준으로 약 35개국에 진출하고 있다(Bang, 2015). 미래 성장 동력으로서 물산업의 해외 진출을 위해서는 해당 국가의 수문기상학적 특성을 미리 이해하는 것이 중요하며, 수문 순환 연구의 기초라 할 수 있는 강수 특성의 파악은 매우 핵심적인 사항이라 할 수 있다. 대부분의 물 산업 진출 대상 국가는 미계측 유역이 많고 지상에서 계측된 수문 자료가 부족한 실정이다. Namgung and Lee(2014)에 의하면 네팔의 수력발전소 건설에 관측된 강우량 자료가 없어 발전소 하류 10km 지점의 유하량 자료를 이용하여 자료의 정확도 검증을 대신하여 적용한 바 있다.

이외에도 필리핀과 인도네시아는 홍수예보시스템 구축사업, 모잠비크는 수자원 장기종합계획 수립 관련사업, 그리고 모로코는 치수방어사업 등이 수행되고 있다. 그러나 이와 같은 사업을 수행하는데 있어서 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 것이 지상계측 자료가 부족하다는 것이다(Kim *et al.*, 2017).

이와 같이 계측자료가 없거나 부족한 지역에 대하여 기상 위성을 이용하여 추정된 강수량 자료가 해당 지역의 강수 특성을 파악하는데 중요한 자료로 이용될 수 있다.

역사적으로 강우 측정은 측우기와 같은 우량

계를 이용하여 육상에서만 가능하였다. 이후 레이더를 이용한 강우관측이 수행되고 있으나, 이 또한 해안 및 육상에서만 가능한 강우관측 방법이라 할 수 있다. 위성을 이용한 기상관측은 1960년 최초로 기상영상을 제공하기 위해 TIROS-1(Television Infra Red Observation Satellite) 위성이 발사되면서 시작되었다.

1979년에 최초로 Arkin에 의해 강우추정을 위해 적외선(IR) 자료의 이용 가능성이 제시된 이후, 1987년 해양에서의 비교적 정확한 강우량 추정이 가능한 다중 채널의 수동 마이크로파 복사계인 SS M/I(Special Sensor Microwave/Imager)를 탑재한 DMSP(Defense Meteorological Satellite Program) 위성의 발사로 강우추정에 대한 연구가 활발하게 이루어지게 되었다. 이후 위성에 의한 전지구 강우량 추정의 중요성이 부각되면서 1990년대에 미국 NASA(National Aeronautics and Space Administration)는 Mission to Planet Earth Program에 따라 우주공간으로부터 강우량을 측정하는 새로운 연구가 본격적으로 시작되었다(Sohn *et al.*, 2010).

그러나 성공적인 위성강우 추정의 역사는 TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission)이 발사된 이후부터로 볼 수 있다. 1997년 미국 NASA와 일본 JAXA(Japanese Aerospace Exploration Agency) 공동으로 열대지역과 아열대지역(37° N-37° S)의 강우를 추정하기 위해 TRMM 위성이 발사 되었으며, 본격적으로 성공

적인 강우와 관련된 수문학적 지식을 획득하기 시작하였다. TRMM위성의 성공적인 운영으로 인해 NASA와 JAXA를 중심으로 전지구 강우관측의 범위를 고위도까지 확장하고, 관측주기를 단축할 목적으로 GPM (Global Precipitation Measurement) 프로그램을 진행하였다.

이와 같이 글로벌 위성 기반의 강수량 관측에 대한 역사는 1979년에 Arkin의 의해 제안된 IR 방법이 도입된 이후 1987년 DMSP 위성의 다중 채널의 마이크로파(MW) 복사계를 이용한 방법, 그리고 두 IR과 MW를 혼합한 방법에서, 또다시 1997년 TRMM위성의 PR(Precipitation Radar)의 레이더를 이용하는 방법 및 2014년 GPM 핵심 위성(GPM Core Observatory)에 탑재된 Dual PR에 의한 방법으로 위성강수의 정확도를 매우 높여가고 있다(Kim and Kim, 2013).

위성영상으로부터 유도된 강수량자료의 정확도 평가에 관한 연구는 해외 여러 지역에서 시도되고 있으며, 인도네시아 Citarum 유역(2,310km²)에 대한 적용에서 지상관측자료와 CMORPH (Noaa Climate Prediction Center Morphing technique) 자료의 시간강수량자료 및 일일 강수량 자료 비교연구에서는 각각 $r^2=0.89$ 와 $r^2=0.84\sim 0.93$ 로 매우 상관성이 높은 것으로 분석되었으나(Apip *et al.*, 2010), 남아메리카의 아마존 유역의 일일강수량자료는 $r^2=0.1$, Iguacu유역의 연간 강수량자료 비교에서 $r^2=0.72$ (Pereira Filho *et al.*, 2010), 그리고 아프리카 나일강의 Gilgel Abbay유역의 시간강수량자료의 상관계수는 0.27 이하로 매우 낮은 상관관계가 있음을 보여주고 있어(Alemseged *et al.*, 2013) 대륙별 및 연구자별 큰 차이를 보이는 것으로 보고되고 있다(Kim *et al.*, 2017).

국내의 경우 이에 대한 연구는 매우 미진한 상태로 위성강수량자료의 정확도 평가에 관한 연구에서 AWS(Automatic Weather Stations) 강수량자료를 활용한 위성관측치의 검증과 강우의 일변화 연구(Sohn *et al.*, 2010)와 Kim *et al.* (2013)이 CMORPH 위성 강수량자료의 정확도 평가에서 시간해상도 및 공간 규모별에 따른 정

확도를 평가한 바 있다(Kim *et al.*, 2017).

위성강우의 최대 장점은 계측자료가 부족한 지역 혹은 북한과 같은 비접근 지역에 대한 수문기상 특성을 이해하는데 활용할 수 있다는 것이다. 그러나 위성으로부터 생성되는 강우는 간접측정에 의한 방법이므로 이에 대한 정확도 평가가 우선되어야 한다.

본 연구는 위성으로부터 유도된 위성강수량자료인 GPM IMERG(Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM) 위성강우의 정확도를 평가함으로써 향후 미세측 혹은 비접근 지역에 적용 여부를 판단하고자 하는 것을 목적으로 하고 있다.

Global Precipitation Measurement

GPM core 위성은 2014년 2월에 발사되었고, 2015년 9월부터 자료를 제공하고 있다. GPM의 위성강우 산출 알고리즘 최신버전은 2016년 2월 배포된 버전 4가 최신자료로 알고리즘 개선에 따라 기존의 모든 데이터가 업데이트되어 제공되고 있다.

강수량구현은 0.2~110.0mm/hr 구현을 목표로 하고 있으며, GMI와 DPR 모두 50km 공간해상도에서 10mm/hr 강우에 대해 bias/random error가 25%를 초과하지 않도록 정확도 향상을 목표로 하고 있다. IMERG는 GMI(GPM Microwave Imager)와 DPR(Dual-frequency Precipitation Radar)을 합성하여 생산하고 있는 강수량 자료이다.

그림 1과 같이 IMERG 강수량 자료는 남북 위 60°의 공간에 0.1°의 공간해상도를 갖는 자료를 제공하고 있으며, 그림 1은 2016년 10월 4일 14UTC IMERG 3시간 누가강수량 자료로서 태풍 차바에 의해 우리나라 울산지방에 많은 비를 내린 강우사례로서 우리나라 남해안 부근에 많은 비가 내리고 있음을 알 수 있다.

1. GPM IMERG

GPM IMERG HDF5 파일은 지구표면에 도달하는 강수 현상과 지표면 강수율에 대한 묘사

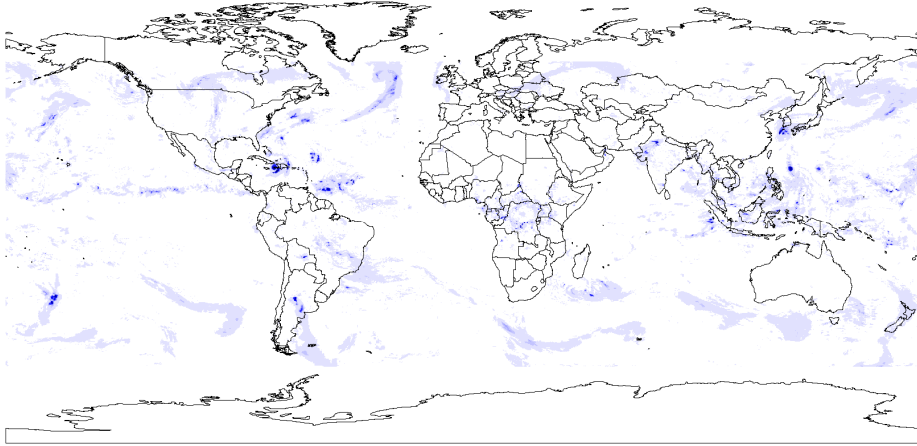


FIGURE 1. GPM IMERG 3hr accumulated precipitation

등 다양한 것이 포함되어 있다. 이 중 강수는 mm/hr로 표현된다. 이 IMERG HDF5 파일은 극궤도 위성군들에 탑재된 PMW 센서와 정지궤도 위성에 탑재된 IR 센서 두 위성군 기반과 강우게이지에 의해 Early, Late와 Final 세 개의 자료가 생산되고 있으며, 각각은 6hr, 18hr, 4개월 지연되어 생산되고 있다.

Early IMERG 강우량 자료는 MW로 추정하기 어려운 몇몇 지역에 대해 이전에 관측된 높은 품질의 관측으로부터 MW 추정하고 모핑 기법(morphing)으로 이 지역이 채워진다. 모핑된 정보를 이용할 수 없는 곳에서 IMERG 그리드 셀은 정지궤도 IR 센서 기반으로 추정하여 채워진다. Late IMERG는 해당 시간의 앞 뒤 시간 모두 모프시켜 높은 품질의 MW 기반 강수 추

정을 할 수 있게 한다. Final IMERG는 위성과 월별 지상계측강수에 의해 보정되어 생산하고 있다. 이 세 GPM IMERG에 대한 자료는 표 1과 같다(Owen, 2016).

2. GPM IMERG 처리 모듈 개발

GPM(IMER)의 활용을 원활히 하기 위한 모듈을 그림 2와 같이 개발하였다. 개발된 모듈은 Clipping 기능과 좌표체계 변환, 그리고 공간해상도 변환을 위한 리샘플링 기능을 포함하고 있다.

자료의 좌표참조체계는 경위도 WGS좌표계이나, RASTER 자료의 각종 처리, 수문지형 처리 등 직교 좌표계가 용이하다. 또한 국내만으로 한정하면 TM, 좌표계 적용이 가능하지만, 물산업 해외진출 및 북한과 같은 미계측/비접근 지

TABLE 1. Data availability time periods for different categories of IMERG GIS files

Official name	General category (Latency)*	HDF5	GIS
Early IMERG	Realtime (6 hours)	01 April 2015 to present	within 5 days of the present
Late IMERG	Realtime (18 hours)	07 March 2015 to present	within 11 months of the present
Final IMERG	Research (4 months)	12 March 2014 to present	the same as Final IMERG HDF5 files

* Latency is the amount of time that passes between observations being collected by the satellites and the data file being generated at the Precipitation Processing System (PPS). Clearly, the products informally called "Realtime" would more precisely be called "near realtime" products because of their 6 to 18 hour latency.

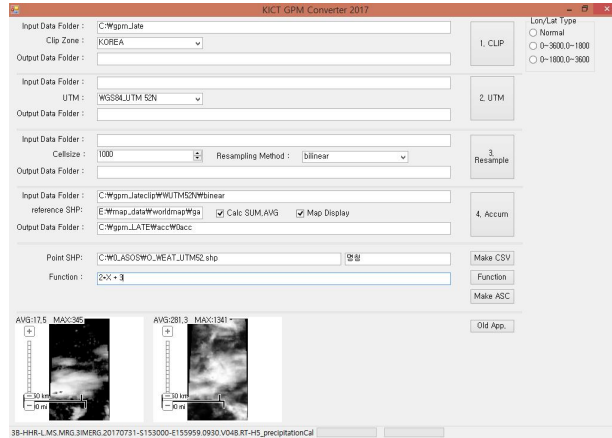


FIGURE 2. Developed GPM preprocessing module

역 등 광역적인 지역의 적용을 위해 전세계를 커버하는 UTM 좌표계를 적용하였다.

또한, GPM IMERG의 원시자료의 공간 해상도는 0.1° 이며 이를 GRID Resampling 기법을 통하여 1km 해상도로 변경할 수 있으며, 이때 near, cubic spline 등 다양한 기법의 선택이 가능하다.

IMERG 위성강우 정확도 평가

IMERG 위성 강우의 정확도 평가를 위한 적용 대상지역은 한반도 남한지역을 대상으로 하였으며, 지상계측 강우량 자료는 WAMIS의 기상청에서 관리하는 기상관측소의 1hr 시간 해상도를 갖는 데이터와 NASA Goddard의 강수처리시스템(The precipitation processing system at NASA Goddard, <http://pps.gsfc.nasa.gov>)을 통해 제공하는 IMERG 데이터를 수집하였다. IMERG late 30분 단위 강우량 자료를 1hr 시간해상도로 맞추어 분석을 수행하였다.

자료분석은 WAMIS의 권역 분할에 따라 한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강, 제주도의 6개 권역으로 구분하여 분석을 수행하였다.

기상청 보도자료(170803_보도자료(2017년+장마특성))에 의하면 2017년 장마는 6월 24일에 제주도에서 시작되어 7월 29일에 남부와 중부지방에 비가 내린 후 종료되었다. 본 연구에

서는 2017년 7월 1일부터 7월 31일까지 1개월간의 기간을 선정하였다. 또한 1hr, 3hr, 6hr, 12hr 및 24hr로 시간해상도를 변화시켜서 분석을 수행하였으며, 분석 결과는 표 2와 같다.

표 2에서 보는바와 같이 한강권역의 경우 1시간 시간해상도에서 0.43~0.49(평균 0.46) 범위의 상관계수 값을 나타내고 있으며, RMSE는 3.60~8.60(평균 6.33) 정도로 분석되었다.

표 2에서 보는바와 같이 2017년 7월 강수는 중부지방에 많은 비가 내렸고 제주도에 가장 적은 비가 내린 것으로 분석되었다. 지상계측 강우 자료에 비해 IMERG 강우가 과소 추정됨을 알 수 있다. 상관계수는 1hr의 시간해상도에서 약 0.46정도의 상관관계를 보였으며, 표 3 및 그림 3에서 보는바와 같이 시간해상도를 확장했을 때 상관관계는 개선되는 것을 확인할 수 있다.

또한 그림 4의 한강권역 강우량자료의 산포도에서 시간해상도가 커질수록 관측강우량과 IMERG 강우의 편이가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 과소 추정되는 1시간 해상도의 IMERG 강우량이 24시간 해상도에서는 ASOS 관측 강우량과 IMERG 강우량의 과소 추정되는 값의 정도가 감소하는 것으로 분석되었다.

2017년 7월의 ASOS와 IMERG 강우량 자료의 공간분포는 그림 5와 같다. 그림 5에서 보는바와 같이 대체적인 공간분포는 지상계측강우와

TABLE 2. Evaluation of IMERG from hourly to daily resolutions

Basins	Sub basins	Correlation					RMSE				
		1hr	3hr	6hr	12hr	24hr	1hr	3hr	6hr	12hr	24hr
Han river	Han river	0.46	0.57	0.64	0.67	0.68	6.07	10.71	14.22	18.83	26.01
	Anseung-cheon	0.45	0.57	0.63	0.57	0.51	8.60	12.94	18.06	26.42	36.28
	Han river(West sea)	0.43	0.70	0.78	0.97	0.84	8.60	9.54	11.07	15.17	19.03
	Han river(Eest sea)	0.49	0.64	0.72	0.96	0.80	3.60	3.68	9.16	12.59	16.98
	Sub total	0.46	0.62	0.69	0.79	0.71	6.72	9.22	13.13	18.25	24.58
Nakdong river	Nakdong river	0.39	0.48	0.52	0.56	0.56	4.71	7.8	10.23	13.26	17.67
	Taewha river	0.19	0.30	0.28	0.20	0.51	4.66	6.56	7.22	8.64	8.42
	Whaiyai/Suyeong	0.78	0.93	0.95	0.96	0.99	3.71	6.43	8.5	9.72	15.24
	Nakdong river(East sea)	0.32	0.41	0.39	0.46	0.50	2.93	5.24	7.31	8.8	11.62
	Nakdong river(South sea)	0.53	0.66	0.69	0.72	0.75	6.46	10.85	14.09	17.08	19.91
	Sub total	0.44	0.56	0.57	0.58	0.66	4.49	7.38	9.47	11.50	14.57
Geum river	Geum river	0.44	0.53	0.56	0.62	0.59	6.69	11.54	17.12	20.89	27.25
	Sapgyo-cheon	0.39	0.47	0.49	0.72	0.61	9.63	19.67	31.34	39.4	54.79
	Geum river(West sea)	0.41	0.58	0.67	0.70	0.65	5.1	8.1	9.93	12.78	17.61
	Mankyeon/Dongjin	0.74	0.81	0.87	0.90	0.90	4.42	6.85	8.71	10.23	12.89
	Sub total	0.50	0.60	0.65	0.73	0.69	6.46	11.54	16.78	20.83	28.14
Seomjin river	Seomjin river	0.49	0.66	0.68	0.72	0.70	6.41	7.17	8.67	11.25	15.28
	Seomjin river(South sea)	0.37	0.52	0.59	0.66	0.75	4.89	8.9	11.09	14.11	17.01
	Sub total	0.43	0.59	0.63	0.69	0.72	5.65	8.04	9.88	12.68	16.15
Youngsan river	Youngsan river	0.51	0.70	0.68	0.66	0.69	5.47	6.2	7.68	10.43	12.3
	Tanjin river	0.31	0.53	0.61	0.62	0.65	7.12	11.31	15.44	17.82	25.66
	Youngsan river(South sea)	0.61	0.68	0.70	0.80	0.81	3.47	5.3	10.41	7.9	10.33
	Youngsan river(West sea)	0.55	0.67	0.70	0.86	0.86	5.3	8.45	10.1	10.01	11.32
	Sub total	0.50	0.65	0.67	0.73	0.75	5.34	7.82	10.91	11.54	14.90
	Jeju island	0.31	0.41	0.39	0.36	0.36	9.31	16.32	19.48	25.44	31.19
	mean	0.46	0.59	0.63	0.68	0.69	6.33	10.05	13.27	16.71	21.59

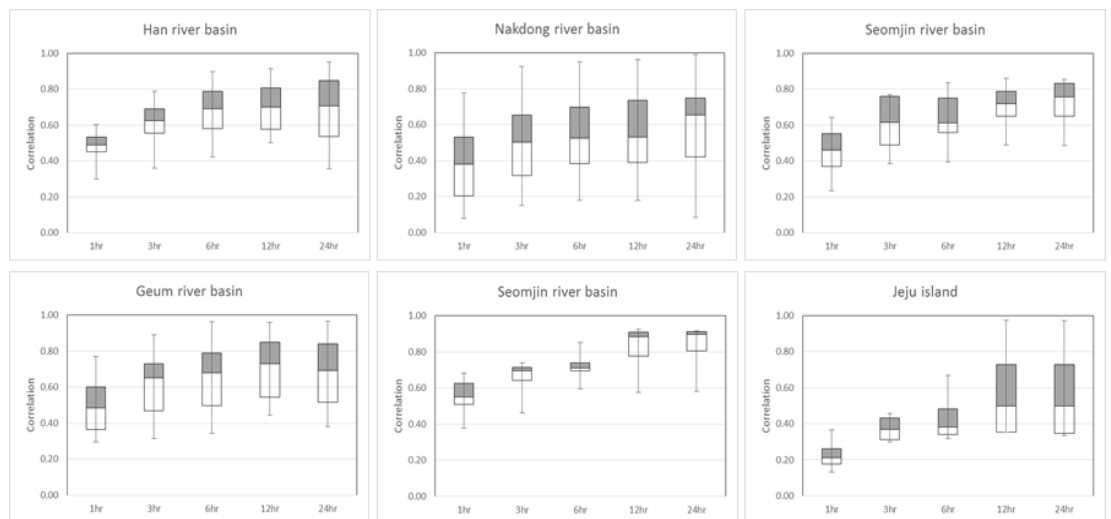


FIGURE 3. Box plots of correlations

TABLE 3. Summary of the evaluation for IMERG

Basins	Sub basins	Rainfall(mm/mon)		hourly resolution	
		ASOS	IMERG	Correlation	RMSE
Han river	Han river	484.5	365.4	0.46	6.07
	Anseung-cheon	684.5	385.0	0.45	8.60
	Han river(West sea)	388.6	318.8	0.43	7.04
	Han river(Eest sea)	232.7	363.9	0.49	3.60
	Sub total	447.6	358.3	0.46	6.33
Nakdong river	Nakdong river	227.1	165.7	0.39	4.71
	Taewha river	104.6	59.5	0.19	4.66
	Whaiyai/Suyeong	172.1	98.5	0.78	3.71
	Nakdong river(East sea)	125.9	173.3	0.32	2.93
	Nakdong river(South sea)	198.2	103.0	0.53	6.46
Sub total	165.6	120.0	0.44	4.49	
Geum river	Geum river	425.3	155.4	0.44	6.69
	Sapgyo-cheon	765.5	101.0	0.39	9.63
	Geum river(West sea)	275.7	103.3	0.41	5.10
	Mankyeon/Dongjin	254.1	103.0	0.74	4.42
	Sub total	430.1	115.7	0.50	6.46
Seomjin river	Seomjin river	277.9	133.3	0.49	4.89
	Seomjin river(South sea)	168.8	140.5	0.37	6.41
	Sub total	223.4	136.9	0.43	5.65
Youngsan river	Youngsan river	211.6	121.0	0.51	5.47
	Tanjin river	251.0	129.5	0.31	7.12
	Youngsan river(South sea)	125.7	117.3	0.61	3.47
	Youngsan river(West sea)	212.0	189.2	0.55	5.30
	Sub total	200.1	139.2	0.50	5.34
	Jeju island	134.4	28.1	0.31	9.31
	mean	286.0	167.7	0.46	6.26

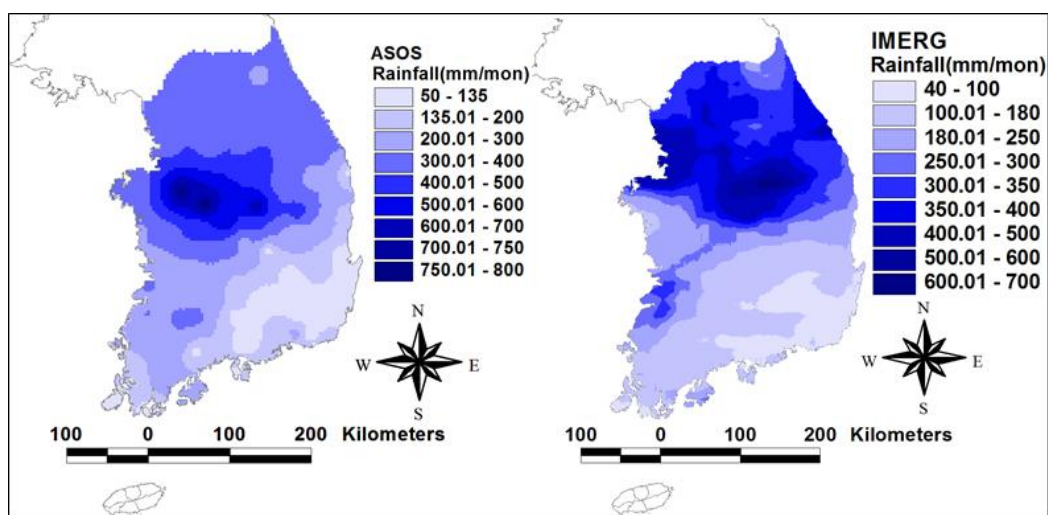


FIGURE 4. Spatial distributions of the precipitations (July 2017)



FIGURE 5. Scatter plots(Han river basins)

IMERG가 유사하게 나타나는 것으로 분석되었다. 지상계측강우의 경우 천안 및 청주지방에 많은 비가 관측된 것으로 분석되었으며, IMERG의 경우에도 많은 비가 내린 것으로 나타났고, 낙동강 권역에 가장 적은 비가 내린 것으로 분석되었다.

1. 이벤트(1)

기상청 보도자료(2017년 8월 1일 및 8월 3일)에 의하면 2017년 6월 24일 제주도에서 장마가 시작되었고, 중부지방의 경우 북태평양고기압의 가장자리를 따라 습한 남서류가 유입되는 가운데, 서쪽에서 다가오는 기압골에 의해 중국

TABLE 4. Summary of the rainfall event1(from July 1 to July 4, 2017)

Stations	ASOS(mm)	IMERG(mm)	Correlation	RMSE	NSEC
Hongcheon	251.5	111.0	0.52	9.38	0.9706
Chuncheon	197.9	89.0	0.50	6.54	0.9684
Yangpyeong	193.0	93.5	0.71	7.85	0.9788
Inje	174.0	114.5	0.69	4.42	0.9818
Seoul	160.5	79.5	0.89	9.27	0.9775
Wonju	138.0	78.0	0.65	4.54	0.9837
Cheonwon	111.7	43.5	0.63	5.26	0.9701
Dongducheon	82.8	57.5	0.81	2.58	0.9865
mean	163.7	83.3	0.68	5.35	0.9904

산동반도 및 서해상에서 장마전선이 활성화되어 7월 1일부터 장마가 시작되면서 7월 2일 수도권과 강원지역을 중심으로 많은 비가 내렸다.

중부지방의 기상청 ASOS 자료에 의하면 2017년 7월 1일부터 7월 4일까지의 누가강우량은 홍천이 251.5mm, 춘천이 197.9mm, 양평 193mm 등 강우가 발생하였다. 서울의 경우 이 기간 동안 160.5mm가 내렸으며, 7월 2일 9시에 호우주의보가 발표되었고, 7월 2일 24시에 40.5mm/hr, 7월 3일 01시 50.5mm/hr 등 2시간 동안의 누가강우량이 91mm가 내렸다.

이 기간 동안의 서울을 포함한 수도권 및 강원도 일부 지역의 ASOS 및 IMERG 총강우량은 표 4에 나타내었다. 표 4에 나타낸 바와 같이 위성으로부터 유도된 IMERG 강우량이 지상 관측 자료인 ASOS보다 과소하게 추정됨을 알

수 있다. 두 강우량 자료의 상관계수는 0.50~0.89(평균, 0.68)로 분석되었으며(그림 6), 이는 표 2 및 표 3의 2017년 7월 1개월 간의 자료보다 상관관계가 매우 높게 나타났다. 또한 RMSE는 평균 5.35정도로 분석되었고, Nash-Sutcliffe 효율계수(NSEC)는 0.99정도로 매우 높은 값을 나타내고 있다.

그림 7은 같은 기간 동안의 강우의 공간분포를 나타낸 것이다. 그림 7에서 보는바와 같이 서울을 비롯한 수도권 및 강원도 북부 지역에 많은 비가 내린 것으로 나타났으며, 상대적으로 남부지방은 적은 강수현상을 보이고 있다.

2. 이벤트(2)

기상청 보도자료(2017년 8월 3일)에 의하면 2017년 장마는 잦은 국지성 집중호우가 발생하였는데, 그 원인은 북태평양고기압이 평년보다 북서쪽으로 크게 확장하여 세력을 유지한 채 그 가장자리를 따라 우리나라로 덥고 습한 수증기가 다량으로 유입되는 가운데 (1)서쪽에서 다가온 상층 기압골의 영향으로 중국 산동반도 및 서해상에서 장마전선이 활성화되었으며, (2)중국 북부에 위치한 고기압과 북태평양고기압 사이로 수렴된 강한 수증기가 우리나라를 통과하여 국지성 집중호우가 발생하였다.

특히, 7월 16일은 중국 북부에 위치한 고기압과 북태평양고기압 사이로 많은 수증기가 통과하면서 청주에 290.2mm, 천안에 232.7mm의 많은 비가 내려 관측 이래 일 강수량 1위를 경신하였다.

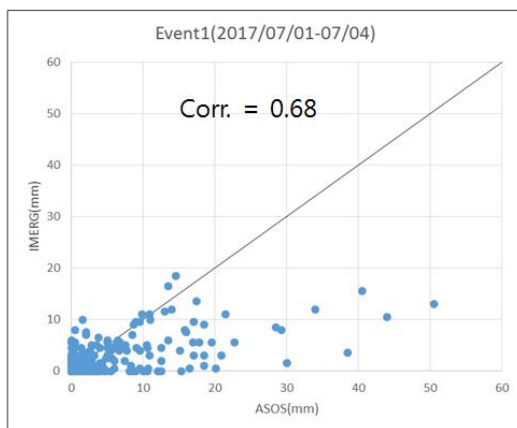


FIGURE 6. Scatter plot of rainfall event1 (July 1 to 4, 2017)

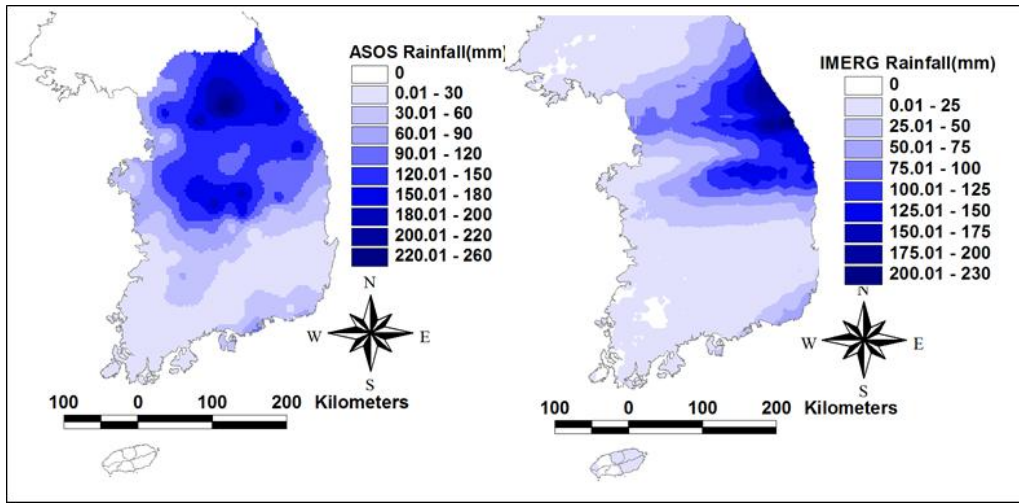


FIGURE 7. Spatial distribution of precipitation(July 1 to 4 2017)

중부지방의 기상청 ASOS 자료에 의하면 2017년 7월 14일부터 7월 17일까지의 누가강 우량은 청주 308.5mm, 천안 207.8mm 등 강우가 발생하였다. 청주의 경우 이 7월 16일 오전 8시부터 11시 사이에 264.6 mm의 강우가 내렸으며, 이로 인해 청주시 주요 도심 저지대 지역 곳곳에서 침수피해가 발생했으며, 미호천의 경우 홍수경보까지 발령되었다.

이 기간 동안의 총청도 및 전라도 일부 지역의 ASOS 및 IMERG 총강우량은 표 5에 나타내었다. 표 5에 나타난 바와 같이 위성으로부터 유도된 IMERG 강우량이 지상계측 자료인 ASOS 보다 과소하게 추정됨을 알 수 있다. 두 강우량

자료의 상관계수는 0.40~0.90(평균, 0.69)로 분석되었으며(그림 8), 이는 표 1 및 표 2의 2017년 7월 1개월 간의 자료보다 상관관계가 매우 높게 나타났다. 또한 RMSE는 평균 6.78 정도로 분석되었고, Nash-Sutcliffe 효율계수(NS EC)는 0.97정도로 매우 높은 값을 나타내고 있다.

그림 9는 같은 기간 동안의 강우의 공간분포를 나타낸 것이다. 그림 9에서 보는바와 같이 서울을 비롯한 청주, 천안 등 충청권 지역과 전주 정읍 등 만경/동진강 유역에 많은 비가 내린 것으로 나타났으며, 상대적으로 낙동강 하류 지역은 적은 강수현상을 보이고 있다.

TABLE 5. Summary of the rainfall event2 (from July 14 to July 17, 2017)

Stations	ASOS(mm)	IMERG(mm)	Correlation	RMSE	NSEC
Cheongju	308.5	127.0	0.69	20.53	0.9704
Cheonan	270.8	85.5	0.40	16.32	0.9637
Bojeong	69.9	45.5	0.62	5.64	0.9503
Jeonju	69.9	100.0	0.87	6.68	0.9658
Jeongeup	145.6	143.5	0.84	3.38	0.9844
Buan	178.0	158.5	0.90	5.80	0.9902
Sunchang-gun	146.0	66.5	0.73	6.20	0.9894
Gochang-gun	172.0	141.5	0.50	8.05	0.9518
Gochang	128.4	118.0	0.74	10.11	0.9694
Younggwang-gun	106.0	90.0	0.75	5.92	0.9721
mean	151.6	105.0	0.69	6.78	0.9741

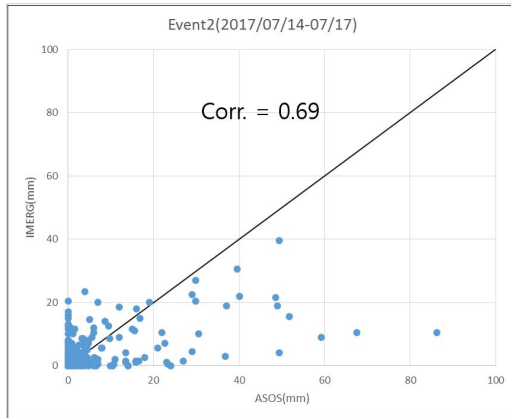


FIGURE 8. Scatter plot of rainfall event2 (July 14 to 17, 2017)

3. 고찰

2017년 7월의 ASOS 관측강우와 위성으로부터 유도된 IMERG 강우량의 1시간 해상도의 상관관계수가 0.19~0.78(평균 0.46)이었으나 일일 누가강우량의 상관관계수는 0.36~0.99(평균 0.69)의 높은 상관관계를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 또한 강우가 집중되었던 두 이벤트 기간 동안의 1시간 누가강우량의 상관관계수가 0.68 및 0.69로 높은 상관관계가 있음을 확인하였다. 또한 2017년 7월 1개월간의 누가강우량 공

간분포(그림 5), 7월 초순 누가강우량(그림 7), 그리고 7월 중순의 누가강우량의 공간분포(그림 9) 모두 강우의 공간적 분포 특성이 유사한 것으로 분석되었다.

그러나 지상계측 강우량보다 위성으로부터 유도된 강우량이 과소추정되는 것으로 분석되었다. 이는 기존의 문헌연구에서 언급한 바와 같이 위성강우는 지상계측 강우량 자료와 타당한 상관관계를 갖고 있으나 Xie *et al.*(2011)과 Sohn *et al.*(2010)의 연구결과와 같이 상당히 과소평가 되는 특징을 갖고 있다.

이에 대한 대안으로 지상계측자료와 위성강우의 두 자료간 평균비 및 표준편차 비율을 이용한 위성강우 보정하는 Immerzeel(2010) 방법 및 시간 스케일이 다른 두 위성 및 지상계측자료에 대하여 Kim *et al.*(2017)의 연구결과를 활용한다면 충분히 보완될 수 있을 것으로 판단된다.

결론

미래 성장 동력으로서 물산업의 해외 진출을 위한 다양한 노력들이 정부부처, 건설업체, 물관련 기관 등에서 다양하게 진행되고 있다. 그러나 물산업 진출의 가장 큰 어려움 중 하나가 해당국가의 수문기상학적 특성을 파악할 수 있는

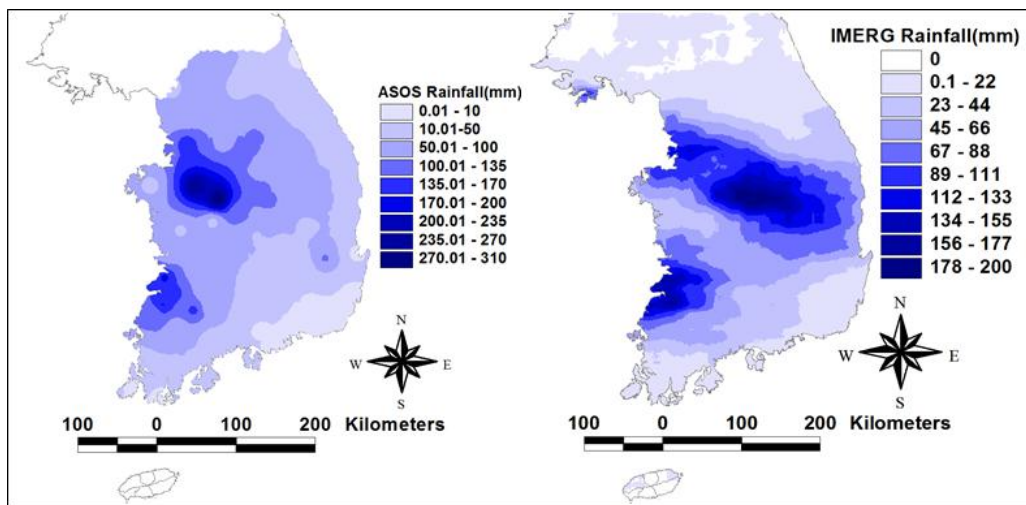


FIGURE 9. Spatial distributions of the precipitation(July 14 to 17 2017)

강우량 자료와 같은 기초적인 자료 획득이 매우 어렵다는 것이다.

본 연구에서는 위성으로부터 유도된 위성강우 자료 중 가장 최근(2014년)에 발사된 GPM Core 위성 등으로부터 생산되어 제공하고 있는 GPM IMERG 위성강우의 정확도를 평가함으로써 향후 미세측 혹은 비접근 지역에 적용 여부를 판단하고자 하는 것을 목적으로 하고 있다.

위성으로부터 유도된 강우는 수문학적 모델 능력의 공간 분포를 크게 개선시키는 잠재성을 갖고 있다. 그러나 위성강우의 절대적 정확도에 대한 평가는 현재 진행형이다. 그럼에도 불구하고 강우의 지상계측 자료가 부족한 지역에서의 강우의 공간 확대에 대한 통일된 정보를 제공해주는 장점이 있다.

정확도 평가 결과 홍수분석 수행을 위한 시간 해상도가 높은 1hr의 경우 상관계수가 0.46정도로 평가되었으나 강우가 집중된 두 이벤트 분석에서는 0.68~0.69의 높은 상관관계가 있음을 확인하였다. 또한 유역의 장기유출 분석에 주로 사용되는 daily자료의 경우 상관계수가 우리나라 남한 전체 평균 약 0.69 정도의 상관관계를 갖는 것으로 분석되었다. 이는 계측자료가 부족하거나 북한과 같은 비접근 지역에서의 수문 기상 특성을 파악하는데 매우 유용할 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 분석기간의 확장과 다양한 통계 분석 방법을 적용하여 위성강우의 정확도를 검증하는 연구를 수행할 계획이다. **KAGIS**

REFERECNES

- Alemseged, T.H., E. Habib, and T. Rientjes. 2013. Evaluation of the climate prediction center (CPC) morphing technique (CMORPH) rainfall product on hourly time scales over the source of the Blue Nile River. *Hydrological Process* 27(2):1829-1839.
- Apip, K.T., Y. Yamashiki, K. Sassa, A.B. Ibrahim, and H. Fukuoka. 2010. A distributed hydrological-geotechnical model using satellite-derived rainfall estimates for shallow landslide prediction system at a catchment scale. *Landslides* 7(3):237-258.
- Bang, S.W. 2015. Let's focus water industry in North Korean. *Korea River Association* 11:6-7 (방승우. 2015. 북한 물산업에 관심을 갖자. *한국하천협회* Vol.11 pp.6-7.)
- Immerzeel 2010. Bias correction for satellite precipitation estimation used by the MRC Mekong flood forecasting system. *Mekong River Commission Mission report*. Available at: <http://www.futurewater.nl/projects/bias-correction-precipitation/> (Accessed April 5, 2017).
- Owen, K. 2016. The IMERG multi-satellite precipitation estimates reformatted as 2-byte TIFF files for display in Geographic Information Systems (GIS). Available at: https://pps.gsfc.nasa.gov/Documents/REA_DME.GIS.pdf (Accessed May 14, 2016).
- Kim, K.T. and J.H. Kim. 2013. Introduce for case study of rainfall observations and application using satellite. *Magazine of Korea Water Resources Association (Water for Future)* 46(4):66-75 (김경탁, 김주훈. 2013. 인공위성을 이용한 강우관측 자료 및 활용 사례 소개. *한국수자원학회지* 46(4):66-75).
- Kim, J.H., K.T. Kim, and Y.S. Choi. 2013. Fitness evaluation of CMORPH satellite-derived precipitation data in Korea. *Journal of Wetlands Research* 15(3):339-346 (김주훈, 김경탁, 최윤석. 2013. 한반도의 CMORPH 위성강우자료 정확도 평가. *한국습지학회 논문집* 15(3):339-346).
- Kim, J.H., Y.S. Choi, and K.T. Kim. 2017. Estimation of flood discharge using

- satellite-derived rainfall in abroad watersheds – a case study of Sebou watershed, Morocco. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 20(3):141–152 (김주훈, 최윤석, 김경탁. 2017. 위성 강우자료를 이용한 해외 유역 홍수량 추정 – 모로코 세부강 유역을 대상으로. *한국지리정보학회지* 20(3):141–152).
- Namgung, D. and S.H. Lee. 2014. Introduction of upper Trishuli 1 hydropower project in Nepal. *The Magazine of the Korea Society of Civil Engineers* 62(6): 57–60 (남궁돈, 이상화. 2014. 네팔 수력발전 사업 소개. *대한토목학회* 62(6):57–60).
- Pereira Filho, A.J., R.E. Carbone, J.E. Janowiak, P. Arkin, R. Joyce, R. Hallak, and C.G.M. Ramos. 2010. Satellite rainfall estimates over South America – possible applicability to the water management of large watersheds. *Journal of the American Water Resources Association* 46(2):344–360.
- Sohn, B.J., H.J. Han, and E.K. Seo. 2010. Validation of satellite – based high-resolution rainfall products over the Korean Peninsula using data from a dense rain gauge network. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 49 (4):701–714.
- Xie, P, S.H. Yoo, R. Joyce, and Y. Yarosh. 2011. Bias-corrected CMORPH: a 13-year analysis of high-resolution global precipitation. NOAA’s Climate Prediction Center (presentation). Available at: http://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CMORPH_V1.0/REF/EGU_1104_Xie_bias-CMORPH.pdf (Accessed May 3, 2016). 