

전지구 위성강우자료 활용 홍수 유출 분석 시스템 소개



김 주 훈 |

한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부
수자원연구실 수석연구원
jh-kim@kict.re.kr



김 경 탁 |

한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부
수자원연구실 연구위원
ktkim1@kict.re.kr

1. 서론

푸른지구 운동 창시자인 모드발로는 공저 <블루골드>에서 “20세기 석유가 Black Gold라면 물은 21세기 Blue Gold다”(모드발로 등, 2002)라고 언급한 바 있으며, IBRD는 잠재적 물시장 규모가 1조 달러로 추산하고 있다. 또한, 영국의 물전문 리서치 기관인 GWI(Global Water Intelligence)에 따르면 2010년 세계 물 시장 규모는 4,828억 달러로 추정하고 있다(GWI, 2010).

정부에서도 물산업 육성 및 해외진출을 위해 2012년 5월 녹색성장위원회에서 ‘물산업 육성 및 해외진출 활성화 방안 이행점검과 향후 대책’을 주제로 사업이행 점검결과를 논의하였으며,

2012년 8월 ‘국회환경포럼’에서 물산업 육성 정책과 법제 개선방안을 주제로 토론회가 개최된 바 있다(이기하, 2012).

전세계 물 시장은 물부족, 기후변화 등으로 지속적인 성장이 예상된다. 기존의 물시장은 상하수도과 담수화, 재이용 중심의 대체수자원이 물산업의 주를 이루었으나 이러한 기존 개념은 먹는물 공급과 수처리에 국한되어 기후변화에 대응하는 통합 물관리가 요구되고 있다. 이에 따라 새로운 물산업은 물 순환 전체를 포괄해야 하며 네덜란드의 경우 2005년 물산업 범위를 델타기술과 상하수도 기술로 정립한 바 있다. 델타 기술은 간척지 개발관리 및 생태복원, 수자원 및 하천관리 등에 관한 것이다(김동환, 2011).

미래 성장 동력으로서 ‘21세기 블루골드’로 불릴 만큼 시장 잠재력이 큰 물 산업의 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 실정이며 이럴 경우 기상 위성을 이용하여 추정된 강수량 자료가 해당 지역의 강수 특성을 파악하는데 중요한 자료로 이용될 수 있다(김경탁 등, 2013).

Flood forecasting system using satellite-based rainfall

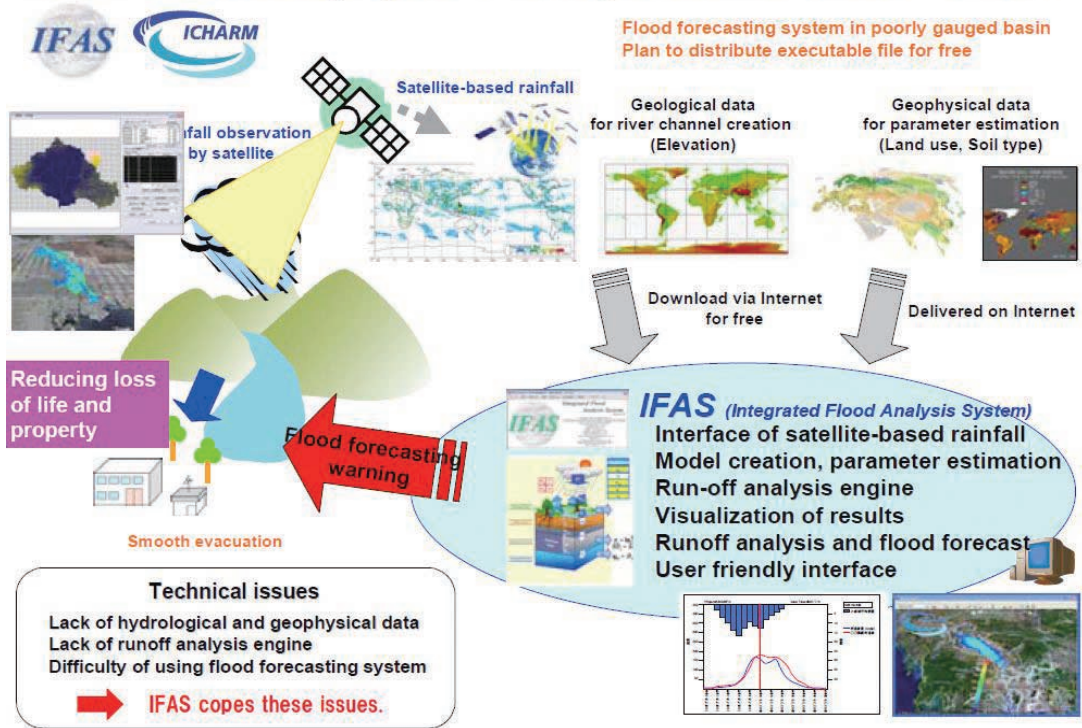


그림 1. Concept of IFAS (Source : ICHARM(2009))

한편, UNESCO의 수재해·위기국제관리센터 (ICARM, The International Centre for Water Hazard and Risk Management)에서는 개발도상국의 보다 효과적이고 효율적인 홍수에 보를 위한 도구로서 전지구 위성 강우자료를 이용한 홍수-유출해석 시스템인 IFAS(Integrated Flood Analysis System)을 개발하여 보급하고 있다. IFAS는 위성 강우자료와 지상에서 관측되는 강우자료의 입력 모듈, 하천망도를 생성하는 GIS 기능 모듈, 매개변수 추정 모듈, 유출해석 모듈, 그리고 해석결과 출력 모듈 등으로 구성되어 있다.

따라서 본 고에서는 물산업 진출시 예측자료가 충분하지 않은 지역에 대하여 강우-유출 분석을 수행할 수 있는 IFAS에 대하여 강우입력자료 부분, 글로벌 지형자료 입력 부분, 유출분석

을 수행하는 엔진인 PWRI분포형 모형부분, 그리고 IFAS를 사용하는 절차에 대하여 소개하고자 한다.

2. 강우입력자료

IFAS의 강우데이터 관리 모듈에서는 위성 강우자료와 지상에서 관측되는 강우자료의 입력이 가능하며, 사용되는 위성강우 데이터는 NASA에서 제공되는 TMPA 3B42RT(v5, v6)과 일본 JAXA에서 제공하는 GSMaP(MVK+, NRT), 그리고 NOAA에서 제공되는 CMORPH, QMORPH자료를 이용할 수 있다. 또한 지상계측자료를 CSV 파일 형태로 입력할 수 있으며, 일본 기상청에서 제공하는 예측강우인 GPV를

표 1. Satellite rainfall download site

Rainfall data	Download site
3B42RT(V5)	ftp://trmmopen.gsfc.nasa.gov/pub/merged/mergedRMicro/V5/
3B42RT(V6)	ftp://trmmopen.gsfc.nasa.gov/pub/merged/mergedRMicro/
GSMaP_NRT	ftp://hokusai.eorc.jaxa.jp/realtime/
GSMaP_MVK+	ftp://hokusai.eorc.jaxa.jp/pub/gsmmap_crest/MVK+/
QMORPH	ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/qmorph/30min_8km/
CMORPH	ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/global_CMORPH/30min_8km/
GPV	http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/data/gpv/original/

표 2. Information of satellite rainfall data

Product name	3B42RT	CMORPH	GSMaP_NRT
Developer and provider	NASA/GSFC	NOAA/CPC	JAXA/EORC
Coverage	N60° - S60°		
Spatial Resolution	0.25°	0.25°	0.1°
Temporal Resolution	3 hours	3 hours	1 hour
Time lag	10 hours	15 hours	4 hours
Coordinate system	WGS		
Historical data	Dec 1997-	Dec 2002-	Dec. 2007-
Sensors	TRMM/TMI Aqua/ AMS-R-E AMSU-B	Aqua/AMSR-E AMSU-B DMSP/SSM/I	TRMM/TMI Aqua/ AMSR-E ADEOS-II/ AMSR SSM/I IR AMSU-B
	DMSP/SSM/I IR	TRMM/TMI IR	

입력자료로 활용할 수 있다.

위성 및 예측강우는 표 1의 사이트에서 다운받아 사용할 수 있다.

위성기반 강우데이터의 기본 정보는 표 2와 같고, 그림 2는 CMORPH 위성강우의 우리나라 강우분포상황을 예시한 것이다.

3. 글로벌 지형자료

일반적으로, IFAS는 인터넷에서 얻은 데이터를 사용하여 유출 계산 모델을 생성한다. IFAS와 관련된 데이터 타입과 일반 정보는 표 3과 같다.

GTOPO30의 경우 미국 USGS(<http://edcftp.cr.usgs.gov/pub/data/gtopo30/global/>)에서 다운받아 사용할 수 있으며, NASA, UNEP/GRID, NIMA, USAID, INEGI, GSI,

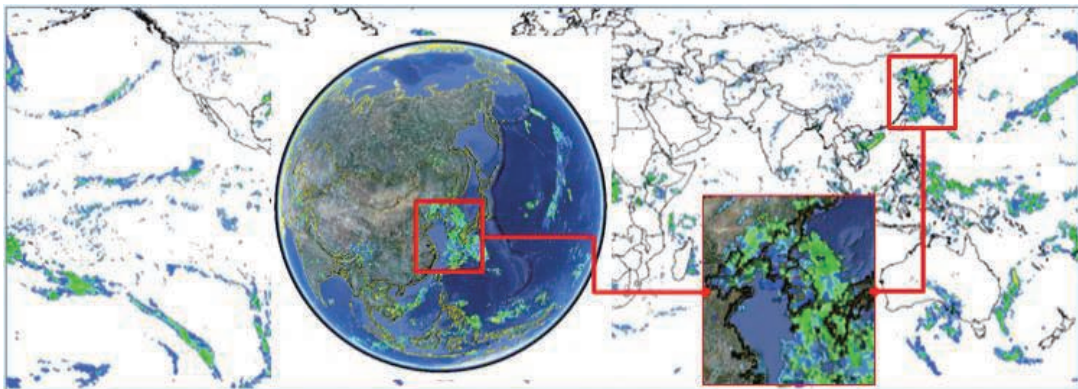


그림 2. CMORPH Satellite Rainfall

표 3. Global GIS Data

Division	Name	Provider	Grid size	Category
Elevation	GTOPO30	USGS	1km	
	Hydro1K	USGS	1km	
	Global Map	ISCGM	1km	
Land use	GLCC(Global Land Cover Characteristics)	USGS	1km	24
	Global Map(LU)	ISCGM	1km	9
	Global Map(LC)	ISCGM	1km	20
Geology	Geological classification	CGWM		
Soil type	Soil Texture	UNEP	1deg.	27
	Soil Water Holding Capacity	UNEP	1deg.	15
	Soil Depth	GES	1deg.	

SCAR의 8개 기관으로부터 데이터를 제공받아 생성한 것으로 수평좌표계는 WGS84를 기준으로 한 경위도 좌표체계를 갖고 있다. 수직단위는 해발고도를 미터법으로 표시되어 있다. 그림 3은 GTOPO30의 자료를 이용하여 금강의 갑천유역을 추출하여 나타낸 것이다.

GLCC(Global Land Cover Characteristics)는 AVHRR자료를 바탕으로 미국 지질 조사국(USGS), 네브래스카-링컨 (UNL) 대학, 그리고 유럽위원회 (European Commission)의 공동

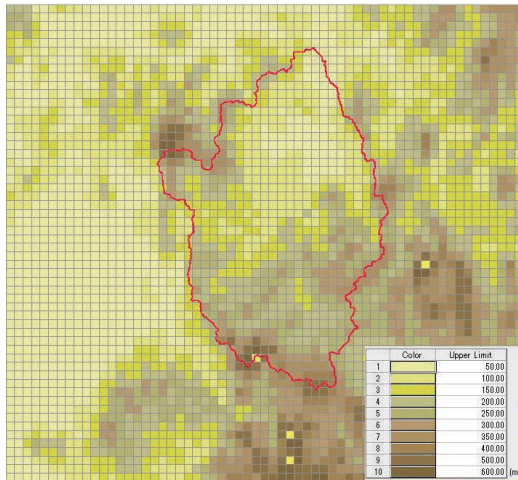


그림 3. Elevation Data(GTOPO30)

연구 센터 (JRC)에 의해 만들어진 데이터로 1 km 해상도를 가지며 토지 피복 특성은 24개 항목으로 분류되어 있다(ICHARM, 2009). 그림 4는 GLCC데이터로부터 금강의 갑천유역을 추출한 토지피복도이다.

4. 분석 엔진(PWRI)

IFAS는 유출 모의 엔진인 PWRI 분포형 모델(ver2)을 이용하며, 아래와 같은 특징을 갖는다.

- ① 각 격자의 유출은 비선형 탱크 모델에 의해 추정된다.
- ② 모델은 지형, 토양, 지질, 그리고 토지이용 정보를 이용하고, 단순하게 매개변수를 추정할 수 있다.
- ③ 저류계수에 대해 포화강우량은 홍수의 적합성을 향상시킬 수 있도록 각 홍수에 따라 변경될 수 있다.
- ④ 일반적으로 저류계수 방법을 이용한 홍수 모의의 중소형 홍수에 대한 적합성은 낮으나 중소형 홍수의 적합성을 강화하기 위해 2단 비선형 탱크로 구성한 것을 이용하고 있다.
- ⑤ 하도 추적에 대해 IFAS는 지체시간 계산을

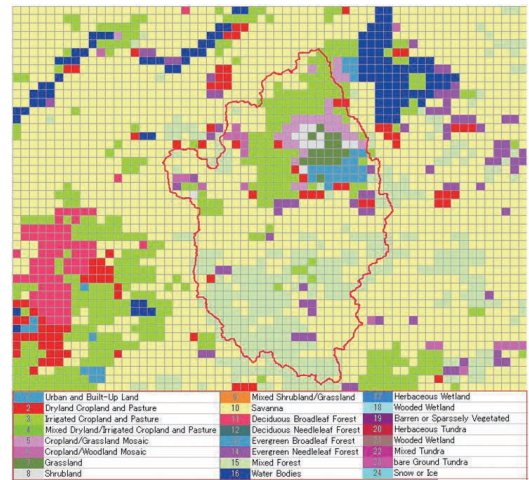


그림 4. Land Use(GLCC)

위해 Kinematic wave 모델을 이용한다.

수직방향의 2단 탱크로 구성된 PWRI분포형 모델(ver 2)은 다음과 같이 구분한다. 지하침투, 지표면의 유출, 저류, 증발량 및 조기 중간유출을 계산하는 지표면 모델과 지하수 유출을 계산하는 지하수 모델, 그리고 하도 흐름을 계산하는 하도모델의 3개의 모델로 구성되어 있으며, 이들 모델 각각에 대해 매개변수 조정을 통해 강우에 의한 유출현상을 모의하며, 그림 5는 PWRI 분포형 모델(ver 2)의 개념적인 유출 모의를 나타낸 것이다.

PWRI 모델은 3개의 매개변수군으로 구성된다. 지표면 모델 매개변수는 최종침투능, 최고저류깊이 등을 포함하여 8개의 매개변수가 있으며, 지하수 모델 매개변수는 초기저류깊이, 기저

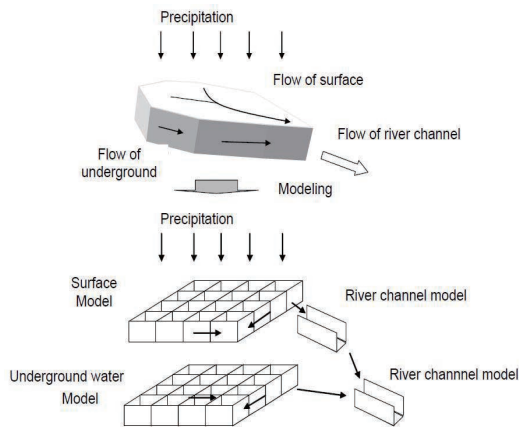


그림 5. Scheme image of the model

유출 계수, 지연 중간유출 조절계수 등 3개의 매개변수를 그리고 하도폭, 하도 형상 등과 관련하여 9개의 하도모델 매개변수의 조정을 통해 강우에 의한 유출현상을 모의한다.

유역의 데이터 유무에 따른 매개변수 설정은 다음 표 4와 같고, 표준 매개변수들은 미세측/비접근 유역과 같이 홍수 관측데이터가 없는 경우에 계산 및 매개변수 검증의 초기값으로 이용된다.

5. 분석 절차

IFAS를 이용한 분석 절차는 다음과 같다.

1. Project Information
 - Project Information에 분석하고자 하는 경위도 범위 입력 및 분석기간 입력
2. Import GIS Data
 - 사용하고자 하는 표 3의 광역지형자료를 Target E.L., Landuse, Soil, Geology 데이터를 Import한다
3. Basin Data Manager 모듈
 - 이 모듈에서는 Elevation Data를 이용하여 출구점을 선택하면 하천망도와 유역경계도가 생성된다.
4. Rainfall Data Manager
 - 이 모듈에서는 표 1에서 언급한 위성자료를 Import한다. 이 때 Project Information에

표 4. Setting parameters with or without the river basin data

		관측 수문데이터	
		with	without
하도 데이터	with	<ul style="list-style-type: none"> • 지표면 및 지하수 모델의 매개변수 계산 및 검증 • 하도 매개변수 설정 	<ul style="list-style-type: none"> • 하도 매개변수 설정 • 지표면 및 지하수 모델에 대한 표준 값 이용
	without	<ul style="list-style-type: none"> • 지표면 및 지하수 모델의 매개변수 계산 및 검증 • 하도 매개변수에 대한 표준 값 이용 	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 모델에 대한 표준값 이용

관측된 수문 데이터 : 계산된 지역의 흐름에서의 시간적 흐름 데이터

H-Q 식 포함, 흐름계산을 위해 수위 데이터의 시간 데이터 이용

하도 데이터 : 단면, 항공지도, 지역 사진 등

하도 폭, 하도 내부 상태(조도계수 이용으로 설정)를 구별할 수 있는 데이터

서 입력한 경위도 범위 및 분석기간에 대한 강우자료가 ASCII파일 형태로 저장된다.

- 위성강우자료와 지점강우자료를 모두 입력자료로 활용할 수 있음

5. Parameter Manager

- 이 모듈에서는 3개의 매개변수 자료를 생성하게 되는데 기본값으로 입력되어 있고, 사용자가 필요에 의해 매개변수를 조정하게 되며, Surface, Aquifer, River Course 각각에 대해서 매개변수를 셋팅한다.
- Surface, Aquifer, River Course 각각에 대해서 매개변수를 셋팅하며, 여러 개의 매개변수 세트를 저장할 수 있다.

6. Simulation Manager

- 이 모듈에서는 입력된 위성강우자료(1개 혹은 2개 이상도 가능)와 여러 개의 매개변수 세트 중에서 각각 한 개의 강우자료와 매개변수 세트를 선택하여 이상유무를 평가한다.
- 평가 후 이상이 없다면 조합된 강우와 매개변수 세트를 저장한 후 분석을 실행한다.

7. Result Viewer

- 분석된 결과에 대하여 유출분석 결과를 평가한다.

그림 8은 금강의 갑천유역에 대하여 IFAS를 구동한 결과이고 그림 9는 갑천 유역의 2012년 유출

분석 결과를 나타낸 것이다. 사용된 강우자료는 NOAA-CPC의 CMORPH강우자료와 대전기상관측소의 1시간 강우자료를 사용하였다. 기간 총강우 및 시간최대강우는 기상관측소는 각각 117.2mm, 33.3mm/hr로 측정되었고, CMORPH는 각각 147.0mm, 32.9mm/hr로 추정되었다. 두 자료간 상관관계수(CC)는 0.53, Bias는 1.45로 분석되었다(그림 6 및 그림 7). 유출분석 수행시 GTOPO30 및 GLCC데이터로부터 추출된 매개변수값을 그대로 적용한 결과 침투유출량의 경우, 기상관측소 자료를 이용한 유출모의에서는 389.9m³/sec, CMORPH강우자료를 이용한 유출모의에서는 492.7m³/sec로 모의되었으며, 실제 관측된 침투유출량은 478.6m³/sec로 상대오차는 기상관측소 자료로 모의한 결과가 18.5%, CMORPH 강우자료로 모의한 결과가 2.9%로 나타났다.

IFAS에서 제시하고 있는 매개변수 값을 그대로 적용한 결과 관측 값과 유사한 유출 결과를 제시하고 있어 향후 비점근/미계측 유역에 대한 적용에 매우 유용할 것으로 판단된다.

6. 맺음말

물부족 문제, 도시확대, 신흥 개도국의 급속한 경제발전에 기인한 물 사용량의 증대 등 해외 물

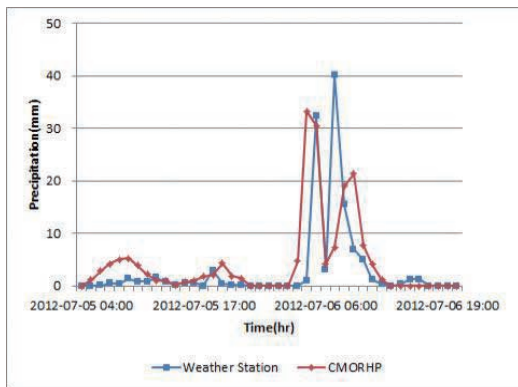


그림 6. Comparison of rainfall

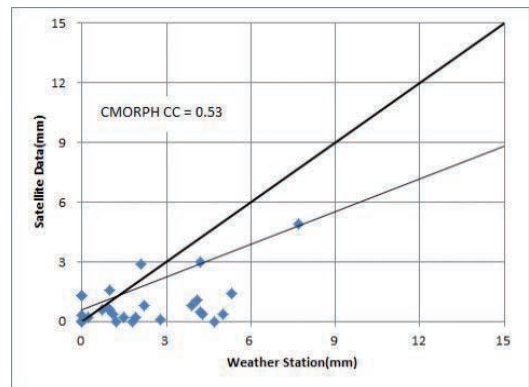


그림 7. Scatter plot

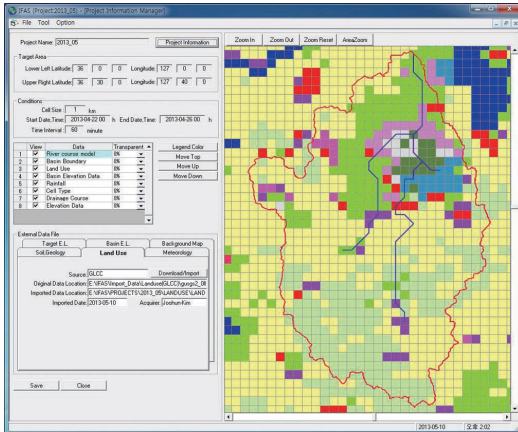


그림 8. IFAS Simulation

시장은 꾸준히 성장할 것으로 전망되고 있다. 또한 기존의 물산업이 상하수도 등에 국한하여 진행되어 오던 것이 유역 종합개발로의 범위가 확대되고 있는 추세이다.

본 고에서는 미래 성장 동력으로서 ‘21세기 블루골드’로 불릴 만큼 시장 잠재력이 큰 물 산업의 해외 진출시 해당 국가에 대하여 위성으로부터 유도된 강우자료와 글로벌 지형자료 그리고, 이를 이용한 유출 분석엔진인 IFAS에 대하여 소개하였고, 금강의 갑천유역에 대하여 적용한 결과 미계측/비접근 유역 또는 계측 수문자료가 부

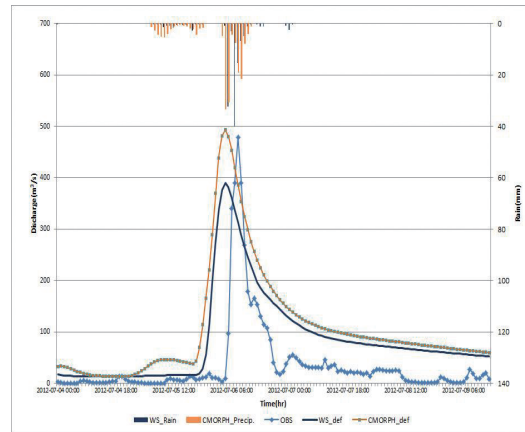



그림 9. Simulation Result(before calib.)

족한 지역에 대한 기본적인 강우-유출 관계를 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 기초기술연구회의 일반연구사업(사업명: 위성정보 공공활용 사업, 과제명: 위성영상을 활용한 하천정보생산 및 활용에 관한 연구)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다. 

참고문헌

1. 김경탁, 김주훈(2013) 인공위성을 이용한 강우관측자료 및 활용 사례 소개. 한국수자원학회지 46(4):66-75.
2. 김동환(2011) 물산업 해외진출 활성화 방안. 물산업 해외진출 전략 세미나 자료집.
3. 이기하(2012) 물산업 육성 및 활성화를 위한 정책과제. 한국수자원학회지 45(10):8-12.
4. GWI(2010) Global Water Market 2011.
5. ICHARM(2009) Intergrated Flood Analysis System(IFAS v1.2) User's Manual.
6. Kazuhiko FUKAMI, Seishi NABESAKA, Mamoru MIYAMOTO and Ai SUGIURA(2012) Flood forecasting and warning system and global GIS databases for poorly gauged riversdatabases rivers. Workshop on Flood Risk Reduction through Space Workshop Applications in SouthApplications South-East Asia.