

---

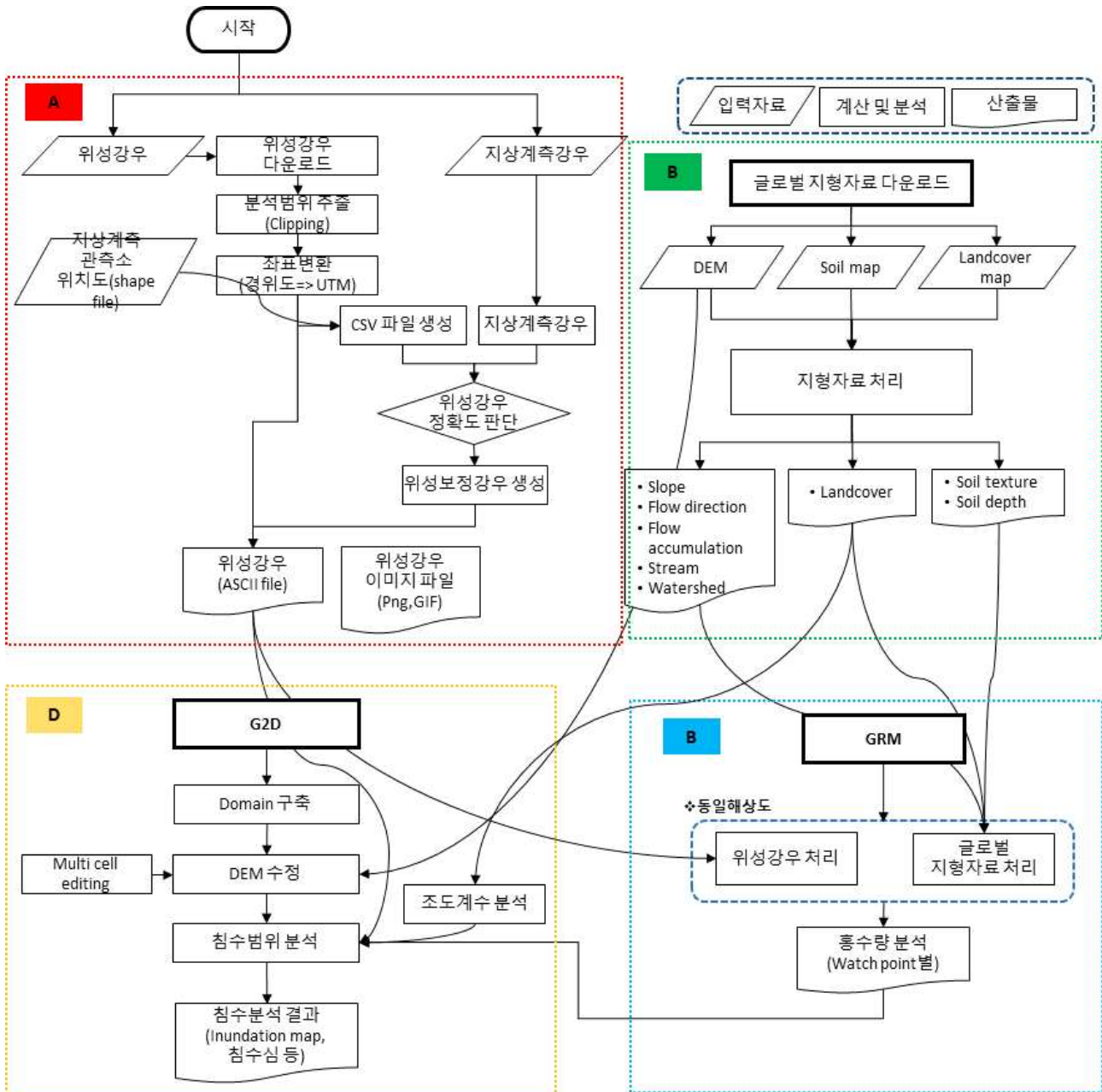
# **위성강우 이용 광역홍수 분석 기술매뉴얼**

---

**2021. 10.**

# I 광역 홍수분석 절차

## 1 글로벌 홍수/침수 분석 알고리즘 구성도



## ② 주요 프로세스

### ○ A : 위성강우 처리 기술

- NASA의 IMERG, JAXA의 GSMaP, NOAA의 CMORPH v1.0 위성 강우를 다운받아 Clipping, 좌표변환, CSV 변환, 지상계측강우를 이용한 위성보정강우 생성, ASCII 파일 변환 등 작업 수행하여 위성강우를 이용한 광역홍수평가에 활용할 수 있도록 처리하는 기술

### ○ B : 글로벌 지형자료 처리 기술

- NASA의 STRM 90m, UN FAO의 HSWD 등 글로벌 지형정보를 다운받아 광역홍수평가의 입력자료로 활용할 수 있도록 처리하는 기술

### ○ C : 위성강우를 이용한 광역 홍수량 분석 기술

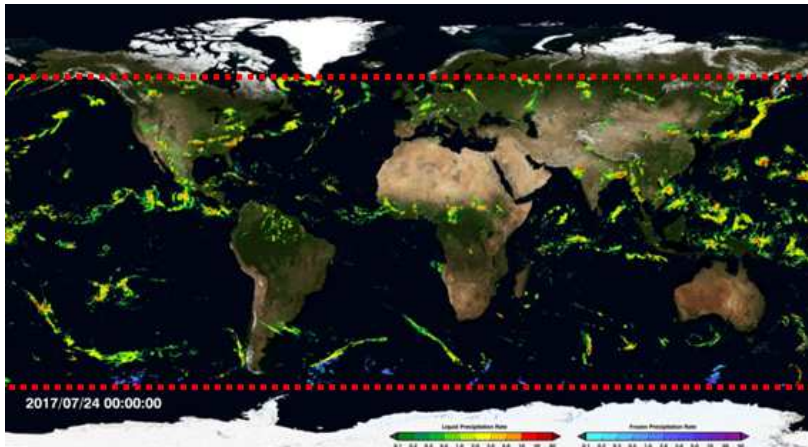
- 위성강우(ASCII File)와 글로벌 DEM, Landcover, HSWD 등 지형자료를 이용하여 광역지역 홍수량을 분석하는 기술
- 위성강우 처리 기술(A)에서 위성강우를 홍수량 분석 도메인에 대해 Clipping, 좌표변환 등 수행하여 홍수량 분석 입력자료 처리
- 글로벌 지형자료 처리 기술(B)을 이용하여 홍수량 분석 모형(GRM)에 필요한 입력자료 처리
- GRM 모형의 홍수량은 G2D의 경계조건으로 사용

### ○ D : 글로벌 지형자료를 이용한 침수범위 분석 기술

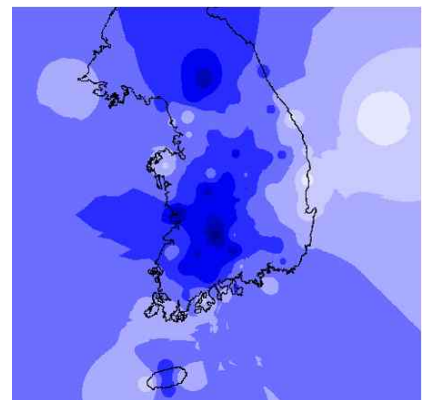
- DEM과 Landcover의 글로벌 지형자료와 위성강우를 이용한 홍수량 자료를 입력받아 침수범위 및 침수심을 분석하는 기술
- 침수범위 분석 기술에서 침수범위의 정확도 여부는 DEM의 정확도에 의해 좌우됨. 홍수량에 따른 침수범위 분석을 위해 DEM 수정을 위한 Multicell editor 모듈 개발하여 DEM 수정
- 위성강우를 이용한 홍수량 분석 기술(C)에서 계산된 홍수량은 G2D모형에 의해 침수범위 지도 및 침수심 등 산출물 생성

## ① 글로벌 범위(남북위 60°)의 위성강우 수집

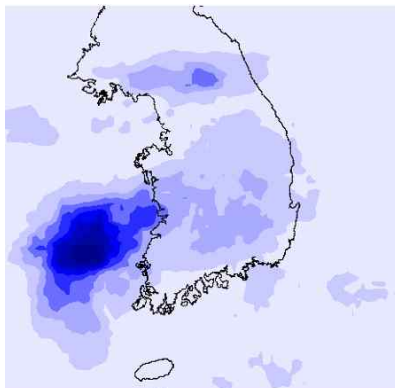
- (기초자료) NASA(IMERG), JAXA(GSMaP), NOAA(CMORPH)
  - 세 기관에서 위성강우를 시간해상도 30min, 1hr, 3hr의 원시 강수자료 제공
- (강우분석) 한반도영역에 대해 기상청 ASOS의 1시간 자료와 비교
  - NASA IMERG 위성강우의 경우 6시간 후 early, 18시간 후 late 자료 제공하고 있으며, JAXA GSMaP는 약 2~3일 후 1시간 간격의 위성강우 제공
  - 기상청 ASOS의 1시간 시간해상도 강우자료와 위성강우 자료 비교한 결과 상관계수가 약 0.6~0.7정도로 분석됨
  - 1일 간격의 시간해상도에서는 상관계수가 0.8~0.9정도로 분석됨
  - 총강우량에서는 과소하게 추정되어 강우보정계수를 산정하여 위성강우를 보정하여 사용해야 함
  - 강우의 공간분포는 아래 그림과 같이 ASOS 지상계측강우 공간보간한 분포도와 세 위성강우 모두 유사한 공간분포를 보이는 것으로 판단됨



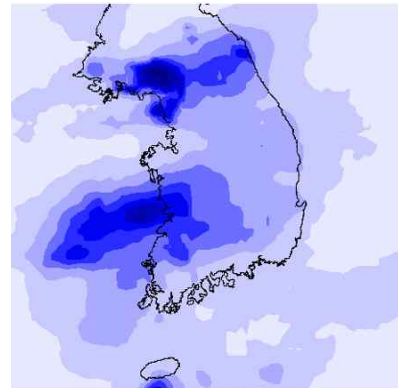
&lt;위성강우(IMERG, GSMaP) 제공 영역&gt;



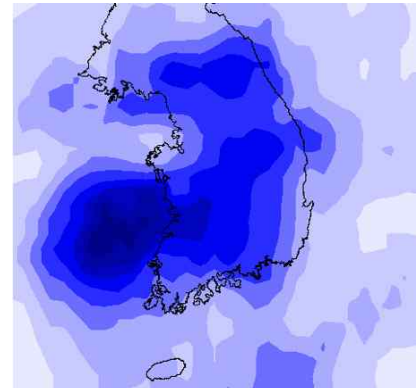
&lt;기상청 ASOS 자료 보간&gt;



&lt;IMERG 공간분포도&gt;



&lt;GSMaP 공간분포도&gt;

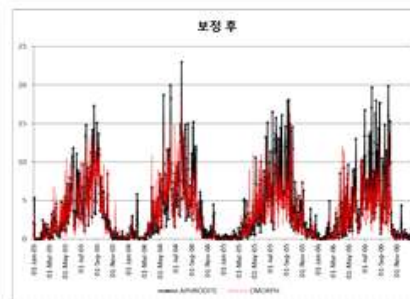
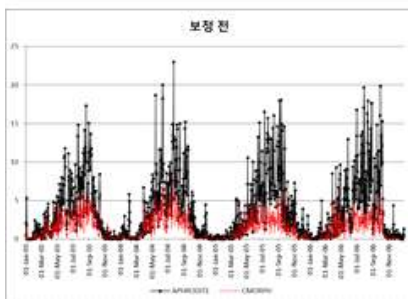
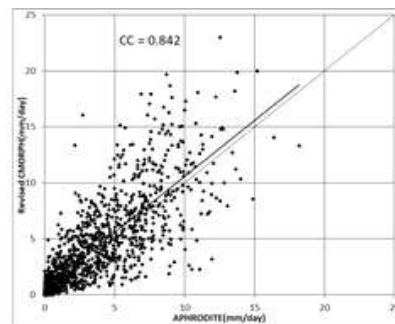
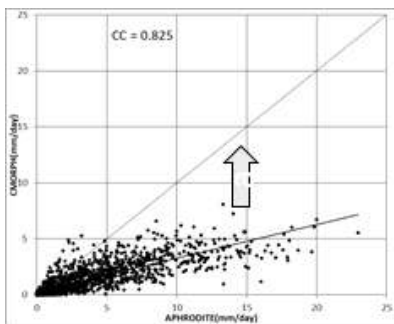


&lt;CMORPH v1.0 공간분포도&gt;

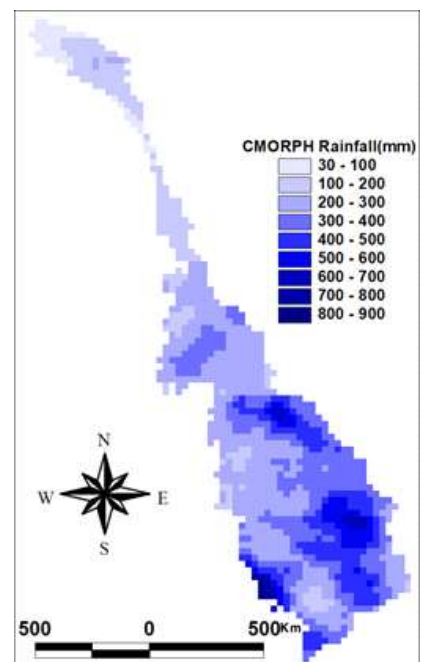
## ② 해외 시범 적용(메콩강 유역)

### ○ (기초자료) NOAA 위성강우, APHRODITE<sup>1)</sup>

- 2003~2006sus 4개년간 APHRODITE 일자료와 CMORPH v1.0자료 비교
- 면적 평균 강우량 비교결과 CMORPH가 APHRODITE 강우자료에 비해 과소추정(보정 전)
- 지상계측강우를 이용하여 위성강우 보정
- 보정 후 상관계수 0.825에서 0.842로 다소 높아졌으며, 아래 그림과 같이 APHRODITE와 CMORPH v1.0의 Bias가 많이 개선된 것을 확인할 수 있음



<위성강우 보정>



<위성강우 분포도>

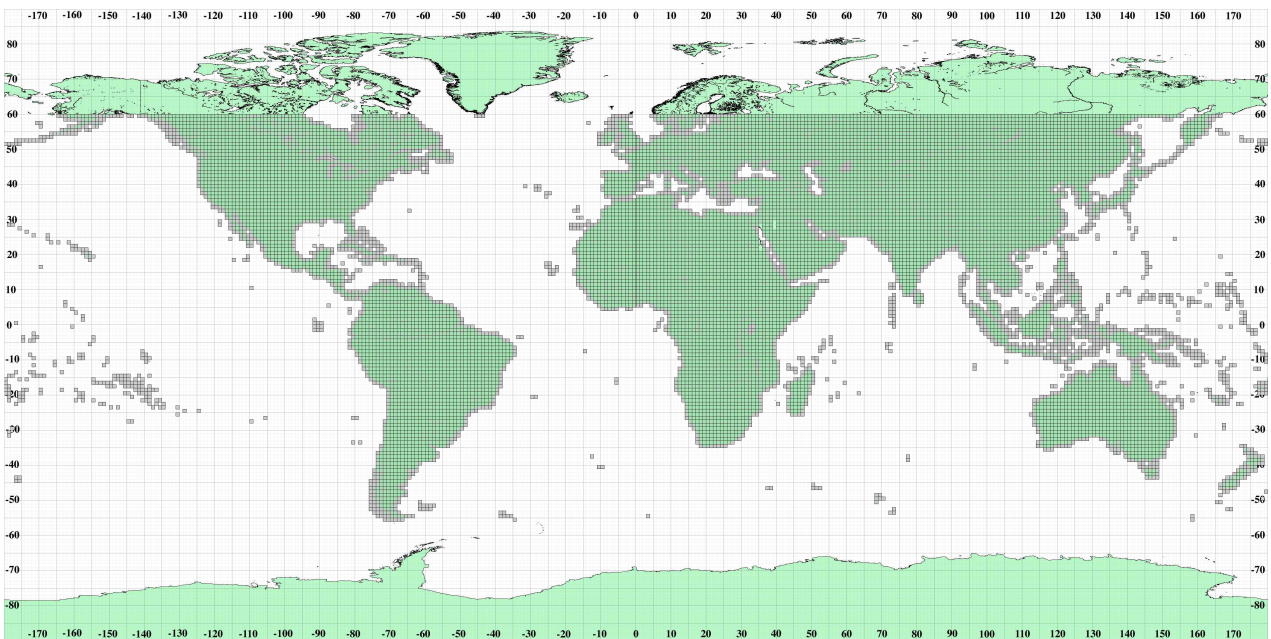
1) 아시아 지역의 5000~12,000개 관측소에서 수집한 지점강우자료를 이용하여 보정 후 격자기반의 강우장(rainfall field) 형태로 1951년에서 2007년까지 57년간의 일단위 강우자료를 제공



## 1 글로벌 DEM

### ○ SRTM90m

- 다운로드 사이트 : <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- SRTM 90m DEM은 적도에서 90m해상도를 가지며, 현재 USGS에 의해 무료로 배포
- SRTM90m v4.0 배포중

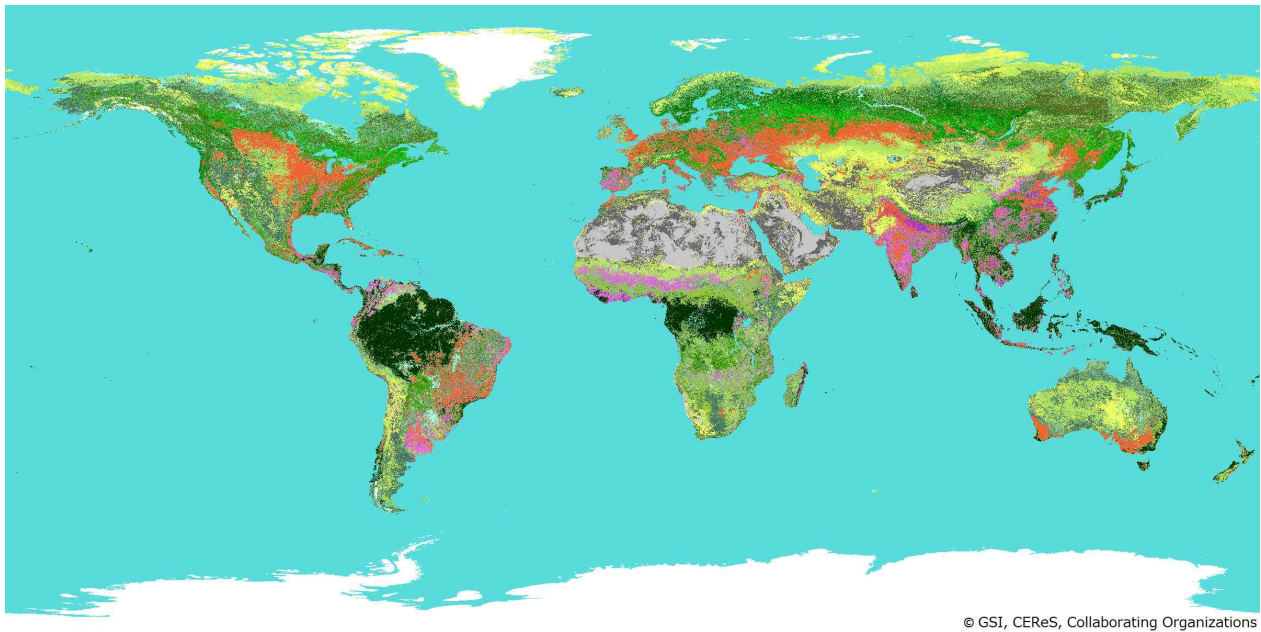


<USGS SRTM 90m>

## 2 Landcover

### ○ Global Map V.2 (Global Version) Land Cover (GLCNMO) images

- 국립지도 기관(NMO, National Mapping Organizations)의 광역 토지피복도 (GLCNMO)는 버전 1은 2003년 MODIS 관측데이터(Terra)를 이용해 제작
- Global Map의 Landcover 버전 2는 20개의 토지피복 항목의 500m(15 아크초) 해상도로 2008년에 MODIS 관측데이터(Terra & Aqua Satellites)를 이용해 제작
- 공간해상도는 30 아크초(arc-second)

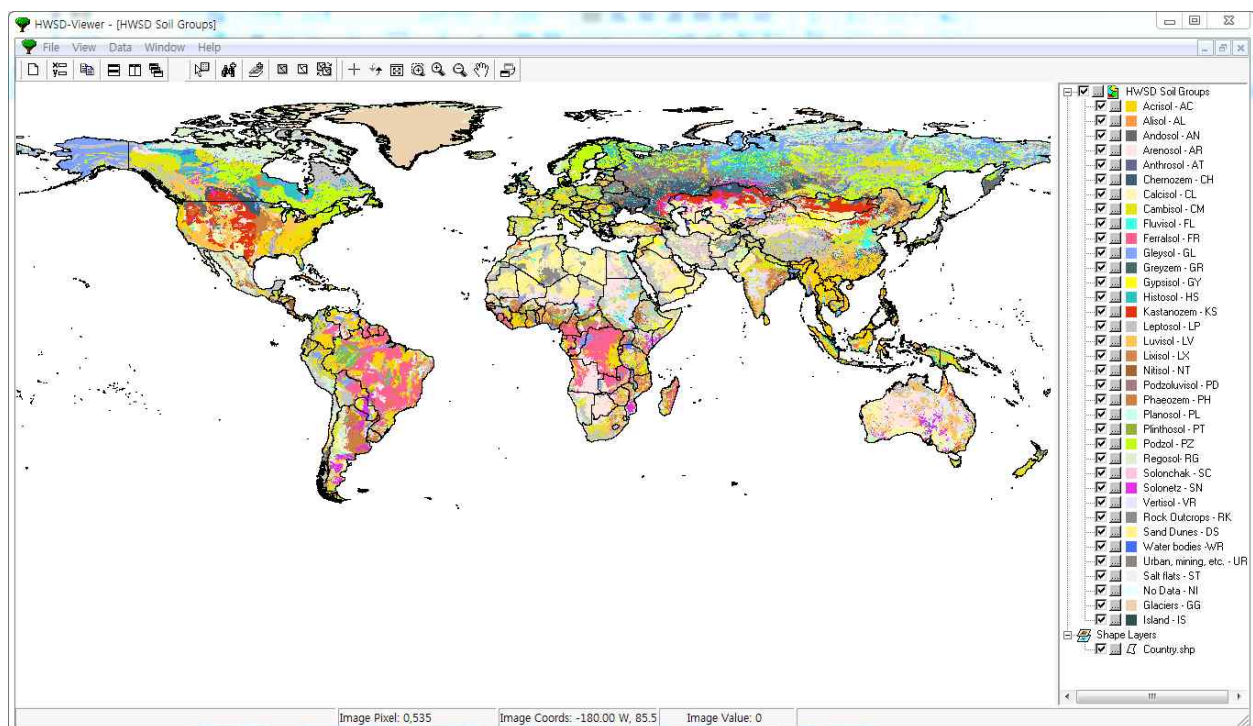


<Global Map V.2 (Global Version) Land Cover (GLCNMO) images>

## 2 Soil map

### ○ HWSD(Harmonized World Soil Database)

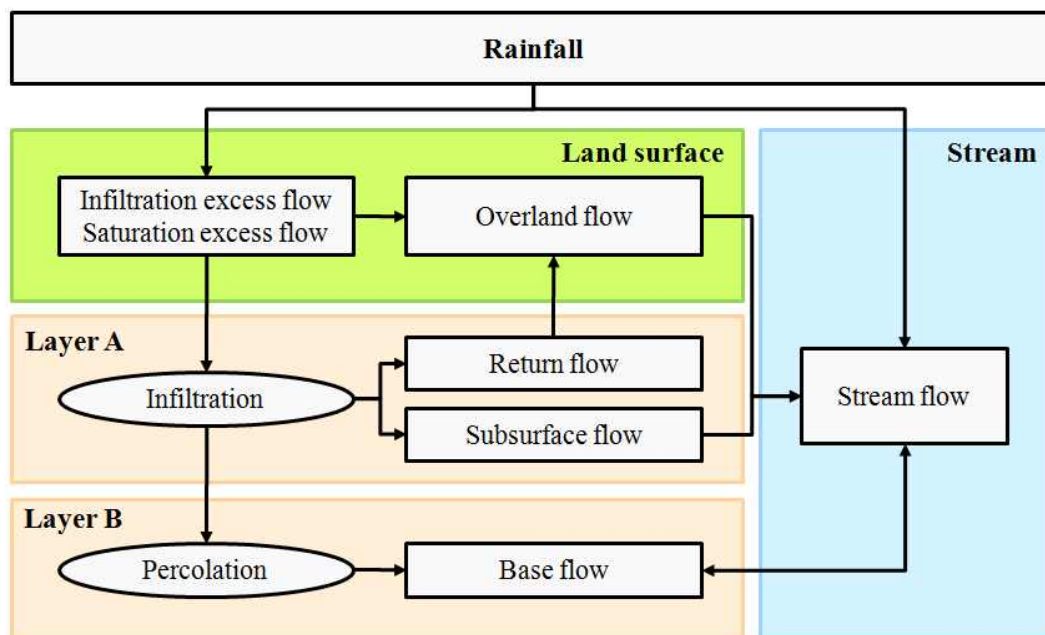
- UN FAO 주도로 제작
- 다운로드 : <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>
- HWSD 속성 데이터베이스는 15,773 토양도 단위 각각에 대한 토양 단위 구성에 대한 정보 제공



<HWSD Viewer>

### 1 GRM (Grid based Rainfall-runoff Model)

- (개요) 강우-유출 분석 모의를 위한 물리적 기반의 분포형 모형
  - 지표면 유출과 하도 유출의 해석을 위해서 운동과 모형을 이용하고 있으며, 침투량 산정은 Green-Ampt 모형을 이용
  - 주요 모의 수문성분은 토양으로의 침투와 침누, 복귀류, 지표면 유출, 지표 하 유출, 기저 유출, 하천 유출 등이며, 댐과 같이 하천상에 있는 흐름제어 시설물의 영향을 유출모의에 반영할 수 있음
  - 강우자료는 유역 평균 강우량 혹은 격자 형식의 래스터 강우 시계열 자료를 선택적으로 적용할 수 있음



<GRM의 수문성분 유출과정>

- (시설물 모의 기법)
  - GRM은 댐과 같이 하천상에서 흐름을 제어할 수 있는 시설물을 모의할 수 있음
  - 흐름제어 시설물 모의는 임의 격자에 'Reservoir outflow', 'Inlet', 'Reservoir operation', 'Sink/source flow' 옵션을 지정해서 모의
- (매개변수)
  - 토양매개변수 : Green-Ampt 방정식의 매개변수, 토양심 정보, 그리고 침투

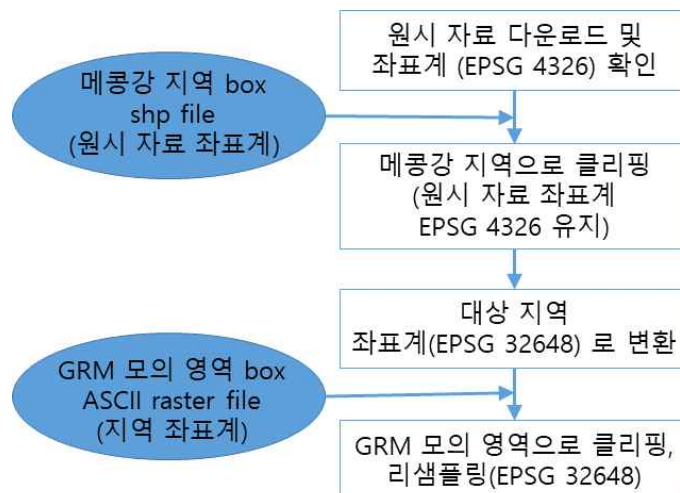


계산에 사용되는 불포화 투수계수

- 토지피복 매개변수 : 지표면의 조도계수와 불투수율
- 하폭 :
  - 사다리꼴 비대칭 복단면을 모의 가능
  - GRM에서는 하천격자별로 하폭이 설정된 래스터 파일을 적용하는 방법, 격자에서의 흐름누적수를 이용하는 방법, 계획하폭 공식을 이용하는 방법을 적용
- 초기포화도 : 격자별로 설정된 토양 포화도 래스터 파일이 있을 경우 사용자에게 의해서 초기포화도를 추정하지 않고, 이 자료를 이용하여 유출해석
- 최소경사 : 지표면 최소경사와 하도 최소경사를 구분
- 하도 조도계수 : Chow(1959)는 하도의 조도계수 선정에 대한 기존의 연구를 종합하여 다양한 하도 조건에 대한 조도계수를 제안한 값 이용

## ② 해외유역 적용(메콩강 유역)

### ○ (자료처리)



<대상 영역에 대한 자료 구축 순서>

\* 모든 ASCII 파일은 좌표계 정보 파일(\*.prj)이 함께 있어야 함

### ○ (DEM 처리) 수문학적 공간정보 생성

- DEM : 메콩강 유역의 범위에 대해서 2682.815m × 2682.815m의 공간해상도로 구축된 ESRI ASCII 래스터 파일 포맷(혹은 GeoTIFF 포맷)의 DEM 사용
- QGIS의 Drainage plug-in 사용
- Drainage tool의 Batch processor 실행

- 하천망이 홍수해석에 적합할 정도로 조밀하게 형성될 수 있도록 Stream threshold를 반복적으로 수정해서 실행
  - GRM 모형의 입력파일 중 흐름방향, 흐름누적수, 경사, 하천망 래스터 파일이 만들어짐

## ○ [Land cover / Soil] 메뉴 실행

- 토지피복도, 토성도, 토양심도 래스터 파일을 이용할 경우에는 각 래스터 파일과 속성 지정 파일(.vat)를 입력
- 각 항목에 대한 매개변수 수정은 우측 테이블의 행을 더블클릭해서 수정 가능

**Land Cover / Soil**

Land cover parameters

☒ Use land cover layer ☐ Use constant value

Land cover: mk\_GMLC\_32648

VAT file: g/1\_grm/watershed/mk\_gmlc\_32648.vat

Roughness Coefficient:

Impervious Ratio:

GridValue	UserLandCover	GRMCode	Roughness
1	산림지역	FRST	0.1
2	산림지역	FRST	0.1
3	산림지역	FRST	0.1
4	산림지역	FRST	0.1

Green-Ampt parameters

☒ Use soil texture layer ☐ Use constant value

Soil texture: mk\_HWSD\_texture\_32648

VAT file: watershed/mk\_hwsd\_texture\_32648.vat

Porosity:

Effective porosity:

Wetting front suction head:

Hydraulic conductivity:

GridValue	USERSoil	GRMCode	Pc
4260	사양토	SL	0.453
4261	사양토	SL	0.453
4264	양토	L	0.463
4265	사양토	SL	0.453
4267	사질식양토	SCL	0.398
4284	사질식양토	SCL	0.398

Soil depth

☒ Use soil depth layer ☐ Use constant value

Soil depth: mk\_HWSD\_depth\_32648

VAT file: /watershed/mk\_hwsd\_depth\_32648.vat

Soil depth:

GridValue	UserDepthClass	GRMCode	Soil depth
4260	깊음	D	125
4261	깊음	D	125
4264	깊음	D	125

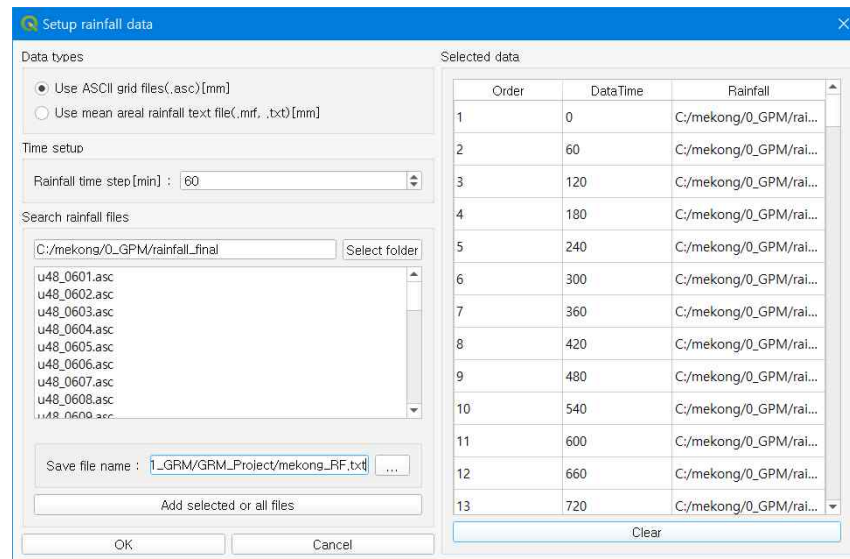
\*\*The VAT files must be saved as UTF-8 format

OK Cancel

<Land cover / Soil] 메뉴>

## ○ [Rainfall] 메뉴 실행

- 강우자료의 종류 선택
- 강우자료의 시간간격 입력
- Data type으로 ASCII grid files를 선택할 경우에는 ASCII 래스터 파일의 목록을 저장할 파일을 입력(예, C:/Mekong/1\_GRM/GRM\_Project\mekong\_RF.txt)

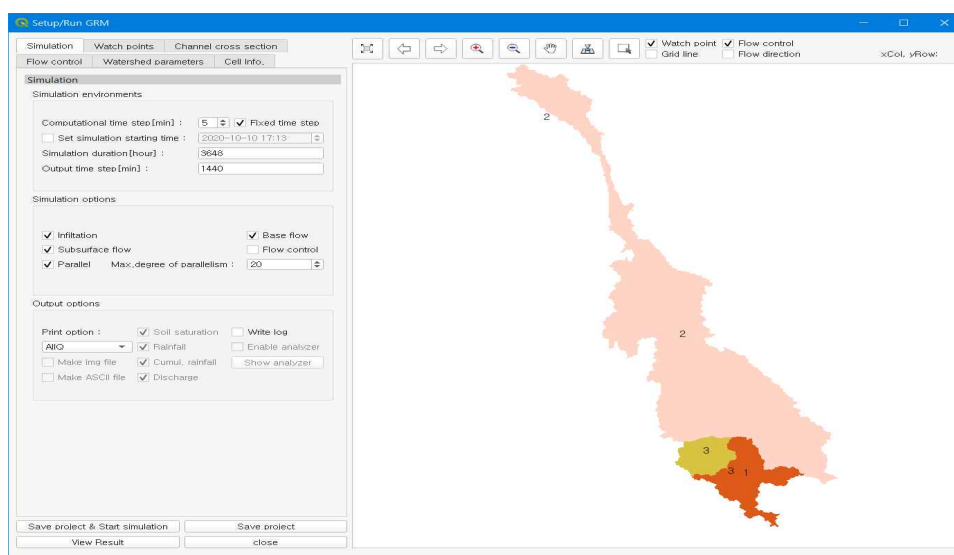


<Rainfall 메뉴>

## ○ [Run GRM] 메뉴 실행

### - 매개변수 설정 및 모델링 시작

- 좌측은 모델 매개변수 입력, 우측은 유역 지도 창이 표시됨
- Watershed 레이어의 스타일이 저장된 qml 파일([watershed 레이어와 같은 파일 이름].qml)이 있으면, 유역 지도 창의 스타일이 QGIS 메인 맵 창에서와 같은 스타일로 보여짐
- [Simulation] 탭
  - 계산시간 간격(dt), 모의 시작 시간, 모의 기간, 출력시간 간격, 모의 수문성분 선택, 출력 옵션 등 입력
  - GRM 모의 결과를 G2D 모델의 경계조건으로 사용할 것이므로, 각 watch point 별 유량값만 출력되게 'ALLQ' 옵션 적용



<Simulation 탭>

## ○ (출력 자료)

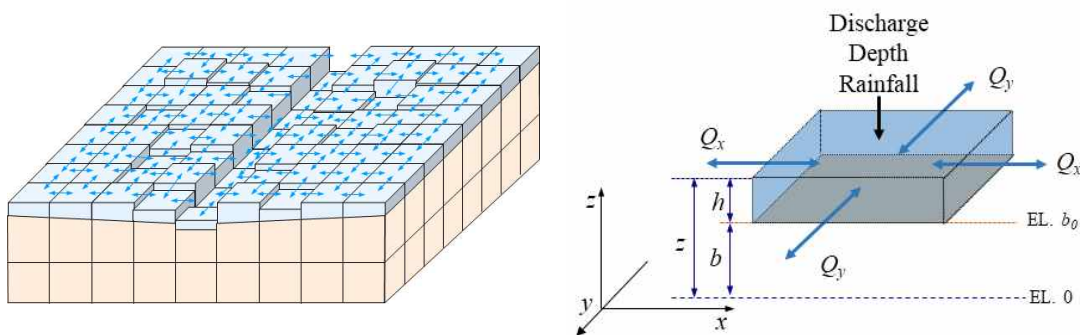
- GRM에서의 모든 수문성분은 유역내 모든 격자에서 계산되며, 계산결과와 출력은 ASCII 래스터 파일과 텍스트 형식의 시계열 자료임
- 사용자는 계산결과를 텍스트로 출력할 셀을 watch point로 지정해야 함
- 유역내 모든 격자에 대한 모의결과는 사용자 선택에 의해서 ASCII 파일 혹은 이미지 파일(png)로도 출력할 수 있음(gmp 파일에서 MakeIMGFile, MakeASCFile 옵션 이용)

<GRM의 모의결과 파일>

Simulation Type	출력파일	내용
SingleEvent	[Project name]Discharge.out	모든 watch point에서의 유량 계산결과, 유역 평균강우량, 소요된 계산시간
	[Project name]FCData.out	모든 flow control grid에서의 Flow control 유량 자료 (flow control을 모의한 경우에만 출력됨)
	[Project name]FCStorage.out	모든 watch point에서의 저수지 저류량 (flow control을 모의하고, ROM이 적용된 경우에만 기록됨)
	[Project name]WP_- [watch point name].out	대상 watch point에서 출력되는 모든 계산결과 (유량, 하천 셀의 경우 기저유량 수심, 토양수분함량, 토양포화도, 격자 강우량, watch point 상류 평균강우량, Flow control 자료, 저류량) (Watch point마다 파일 하나씩 생성)
RealTme	[Project name]RealTime_- [watch point name].out	해당 watch point에서의 상류 유역평균 강우량, 유량 계산결과
	DB 저장	해당 watch point에서의 상류 유역평균 강우량, 유량 계산결과
	ASCII file	유량, 토양포화도, 강우, 누적강우의 분포를 ASCII 파일로 저장
	Image file	유량, 토양포화도, 강우, 누적강우의 분포를 png 파일로 저장

## 1 GRM (Grid based Rainfall-runoff Model)

- (개요) 유량 혹은 강우에 의한 침수를 모의하는 모형
  - 계산의 최소 단위인 제어체적은 정형 사각형 격자를 이용하며, DEM을 이용하여 모의 대상 영역에 대해 정형 사각형 격자로 구성된 domain 구축
  - Domain 내에 있는 임의 격자에 유량(혹은 수심)을 경계조건으로 설정하거나, 전체 domain에 대해서 강우를 적용하여 2차원 침수모의
  - G2D 모형은 지표면 흐름만 모의하며, 토양으로의 침투와 증발산은 계산하지 않음
  - 지배방정식의 공간적 이산화는 유한체적법을 이용하고 있으며, 시간적 차분은 음해법을 사용



<제어체적의 구성 및 질량의 입출력>

- (토지피복 매개변수)
  - 토지피복 정보는 지표면 흐름의 계산을 위한 조도계수 설정에 사용
  - Chow (1959), Engman(1986), Vieux(2004), 최윤석과 김경탁(2018) 등에 의해서 제안된 조도계수를 참고하여 지표면과 하도의 피복 상태별 조도계수를 적용할 수 있음
  - 토지피복도를 이용해서 domain 내에 포함된 격자별로 각기 다른 조도계수를 설정하거나, 하나의 조도계수 값을 전체 격자에 적용하는 방법을 선택해서 사용할 수 있음
  - G2D 모형은 땅 속으로의 물의 침투를 모의하지 않으므로, 토지피복에 상관없이 모두 불투수 영역으로 적용됨



## ○ (입력자료)

- DEM을 이용하여 domain을 설정하고, 토지피복도를 이용해서 격자별 조도 계수를 설정
- 수위와 수심을 초기조건으로 설정할 수 있으며, 수위, 수심, 유량을 경계조건으로 입력할 수 있음
- 침수해석시 강우자료를 적용할 수 있음
- DEM, 토지피복도, 분포형 강우는 ASCII 래스터 포맷의 파일로 입력
- 경계조건(수위, 수심, 유량)과 평균강우는 텍스트 파일로 입력됨
- 초기조건(수위, 수심)은 ASCII 래스터 포맷 파일 혹은 텍스트 파일로 입력

<G2D 모형의 입력자료>

구분	자료의 종류	파일 포맷	비고
지형	DEM	ASCII raster	모의 대상 domain 구성
토지피복	토지피복도		domain에 포함된 격자별 조도계수 설정
수문	강우	ASCII raster	ASCII 래스터 형식의 분포형 강우 시계열 혹은 텍스트 파일 형식의 domain 평균강우량 시계열 자료. 두 가지 중 하나를 선택해서 사용
		텍스트 파일	
	유량	텍스트 파일	경계조건
	수심	텍스트 파일	경계조건 혹은 초기조건
		ASCII raster	초기조건
	수위	텍스트 파일	경계조건 혹은 초기조건
		ASCII raster	초기조건

## ○ (출력자료)

- G2D는 domain에 포함된 격자 중 수심이 있는 격자(유효 격자)에서 수심과 유속 등을 계산하며, 계산 결과는 ASCII 래스터 파일 혹은 이미지 파일로 저장됨
- 로그 파일에서는 계산시간 간격(dt), 계산에 사용된 시간, 유효 격자의 개수, 지정된 수심별 격자 개수 등을 기록
- 모의결과 파일은 선택적으로 출력 할 수 있음

<G2D 모의결과 파일>

출력파일	내용
[Project name]_Depth_[data time].out	수심 (m)
[Project name]_Height_[data time].out	수위 (m)
[Project name]_Discharge_[data time].out	유량 (m³/s)
[Project name]_Velocity_[data time].out	격자의 4방향 흐름 중 최대 유속 (m/s)
[Project name]_FDirection_[data time].out	최대 유속 방향 (1 : east, 3 : south, 5: west, 7 : north)
[Project name]_RFGrid_[data time].out	출력시간 간격 동안 계산에 사용된 강우량 (mm)
[Project name].log	모의 로그 파일 계산시간 간격(dt), 계산에 사용된 시간, 유효 격자 개수, 지정된 수심별 격자 개수 등

## ② 해외유역 적용(메콩강 유역)

### ○ (기본 자료)

- G2D 모형은 DEM을 이용해서 모의 domain을 구축
- 지표면 조도계수 설정을 위한 토지피복도와 격자별 강우자료는 선택사항임
- 메콩강 하류 캄보디아 중앙부에 있는 톤레삽 호수는 홍수기에 메콩강 본류의 영향으로 수심이 높아지므로, 톤레삽 호수를 포함하도록 침수모의 domain 설정

### ○ (자료처리)

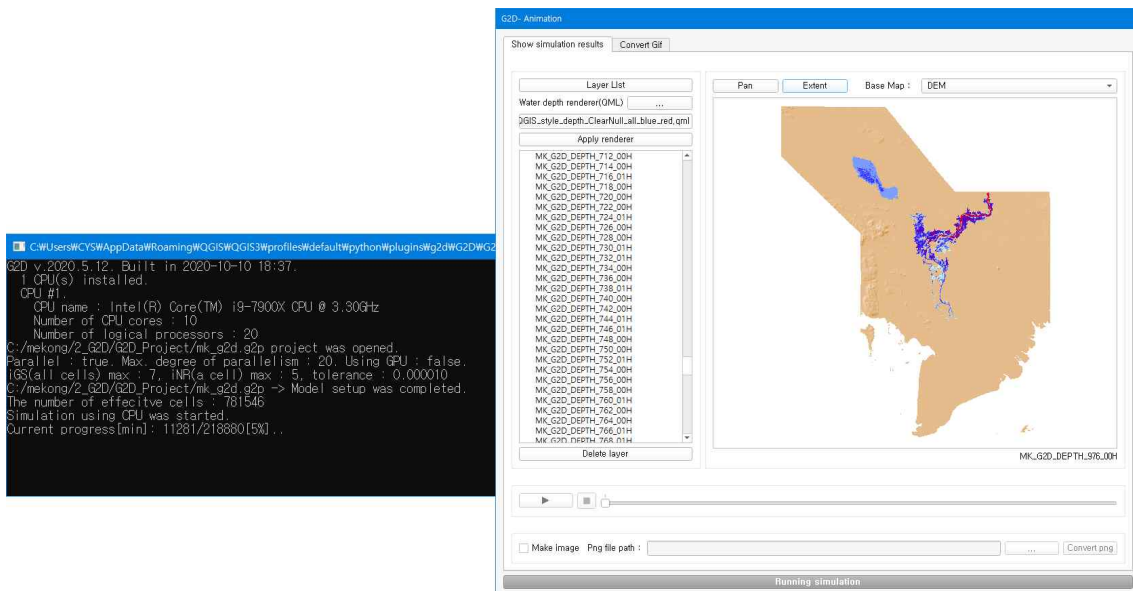
- 침수해석 domain box 구축
- DEM 준비
  - 메콩강 지역의 DEM (hsDEM\_mkRegion\_32648.tif)을 이용해서 침수해석 영역 폴리곤에 맞게 clipping 실행
  - 해상도는 450m × 450m로 리샘플링
- DEM 수정
  - 2차원 침수해석은 모의 domain을 구성하는 지표면 고도 값에 큰 영향을 받음
  - 주요한 DEM 수정 항목은 상류단 경계조건 입력 격자 상류지역으로 흐름이 발생되지 않게 하기 위한 고도 수정, 하도 흐름을 재현하기 위한 고도 수정, 제방 부분의 고도 수정, 기타 DEM 오류 수정을 위한 고도 수정 등을 포함

## - DEM 수정 도구

- QGIS Multi-cell Edit plug-in GeoTIFF 파일에서 다수의 래스터 셀 값을 수정하기 위한 도구임 (<https://github.com/floodmodel/Multi-CellValueEdit>)
- QGIS Multi-cell Edit plug-in은 다수의 셀을 선택하기 위한 다양한 도구를 제공하고 있으며, 특정 고도로 수정 및 특정 값이나 비율만큼 증감이 가능함
- 침수모의 domain을 구성하는 DEM에서 다수 셀 값의 수정은 QGIS Multi-cell Edit plug-in을 사용하여 효과적으로 수행할 수 있음

## ○ (모의 실행)

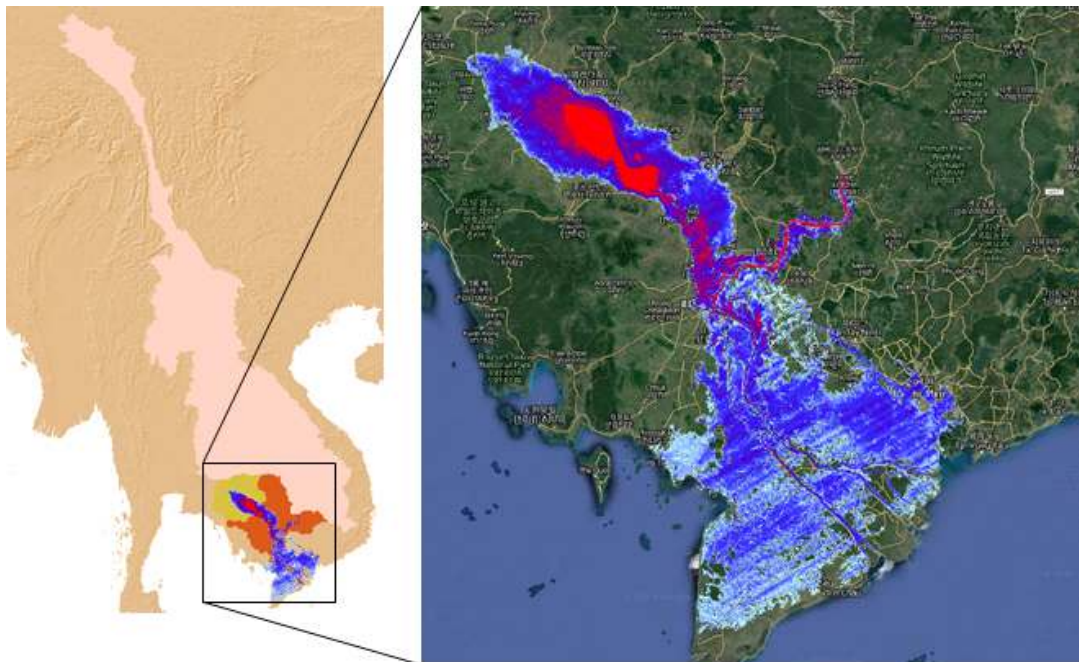
- Kratie 지점의 유출량과 Tonlesap 호수로 침수되는 유량을 상류단 경계조건으로 이용하여 약 150일 동안 침수모의
- 모의조건
  - 450 m 공간해상도로 침수모의 도매인을 구축, 조도계수는 0.045, 하류단은 자유수면 유출조건을 적용
- [Save / Start simulation] 버튼을 클릭하면 입력된 정보가 프로젝트 파일(.g2p)에 저장되고 모의가 실행됨
- [Simulation and show results] 옵션에 선택된 상태에서 [Save / Start simulation] 버튼을 클릭하면, 후처리 프로세스가 함께 실행됨



<QGIS-G2D에서 G2D 모델과 후처리 모듈 실행>

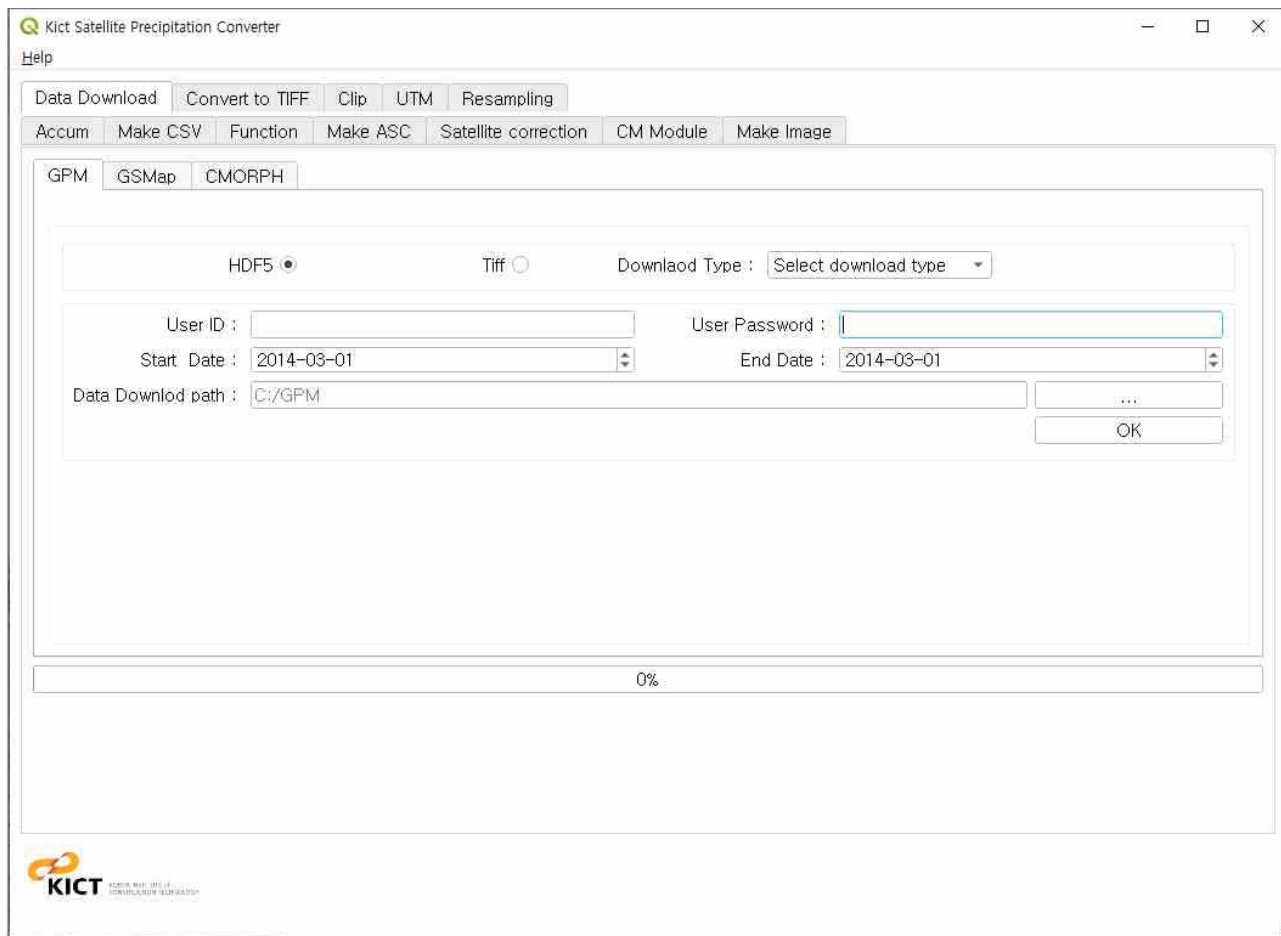
## ○ (모의 결과)

- 보정 전후의 위성강우자료를 적용하였을 때, 보정 된 위성강우의 적용결과가 보정 전의 자료를 적용하였을때에 비해 침수면적이 크게 증가함
- 침수분석 결과 메콩강 본류를 흐르는 유량이 Tonlesap 호수로 유입되어 호수의 수위가 상승
- Tonlesap 호수의 최대침수심은 약 11 m를 나타내었으며, 호수로 유입된 유량은 모의기간 중에 호수에 저류되어 있었음
- 침수범위는 메콩강 본류의 Kratie 지점으로 유입되는 유량이 침두값을 지난 후에도 모의 기간이 길어질수록 메콩강 하류 델타지역과 그 주변의 평지로 확대
- 모의 종료시에는 메콩강 하류가 광범위하게 침수되면서 최대 침수면적을 나타냄



<DEM 보정 후 위성강우 자료를 이용한 모의결과(최대 침수면적)>

- QGIS 기반 위성강우 처리 모듈(KICT Satellite precipitation converter)
  - (성능) QGIS v3.8에서 plug-in하여 구동하도록 설계
  - (기능) 위성강우 다운로드, HDF5 to Tiff변환, Clip, 좌표변환, CSV 파일 생성, 누가 강우량 생성, 위성보정강우 생성, Tiff to ASCII 변환, 이미지 생성 기능 등
  - (프로그램 다운로드) <https://github.com/floodmodel>

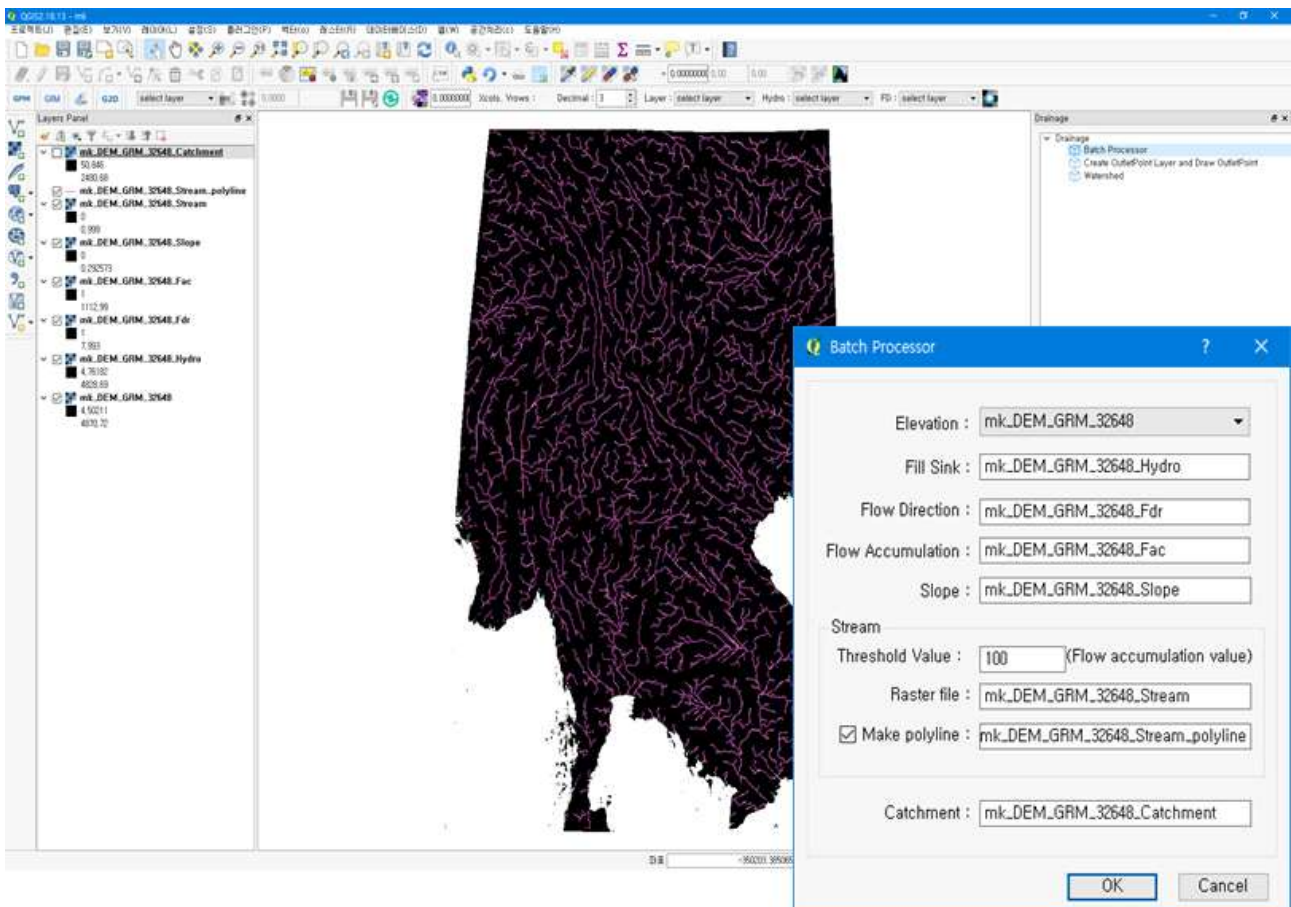


<위성강우 전처리 모듈(2020)>



## □ Data processing tools for raster based flood simulation

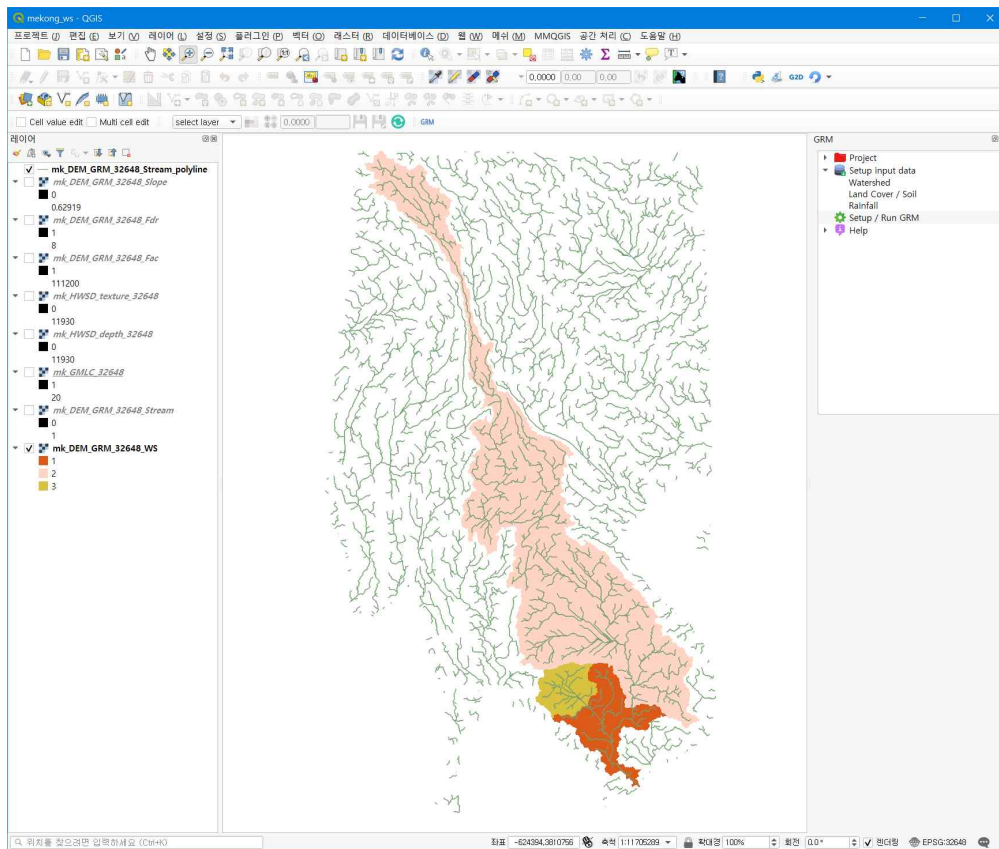
- (성능) QGIS v3.8에서 plug-in하여 구동하도록 설계
- (기능) G2D모델과 GRM모델의 입력자료 구축을 위한 전처리 도구
  - Drainage Tool : DEM을 이용하여 수문학적 공간정보(유역, 하천망, 흐름방향, 흐름누적수, 경사 등) 생성
  - Cell editor : Raster 파일(DEM 등)의 오류 수정을 위한 셀 값 수정. 대상 셀과 주변 셀의 고도를 이용하여 대상셀의 흐름방향 자동 판별 및 가시화. 특정 영역에 포함된 셀 값을 4칙 연산 및 특정 값으로 일괄 수정



<QGIS Drainage tool Batch Processor 실행 결과>

## □ QGIS 기반 강우-유출 모형(QGIS-GRM)

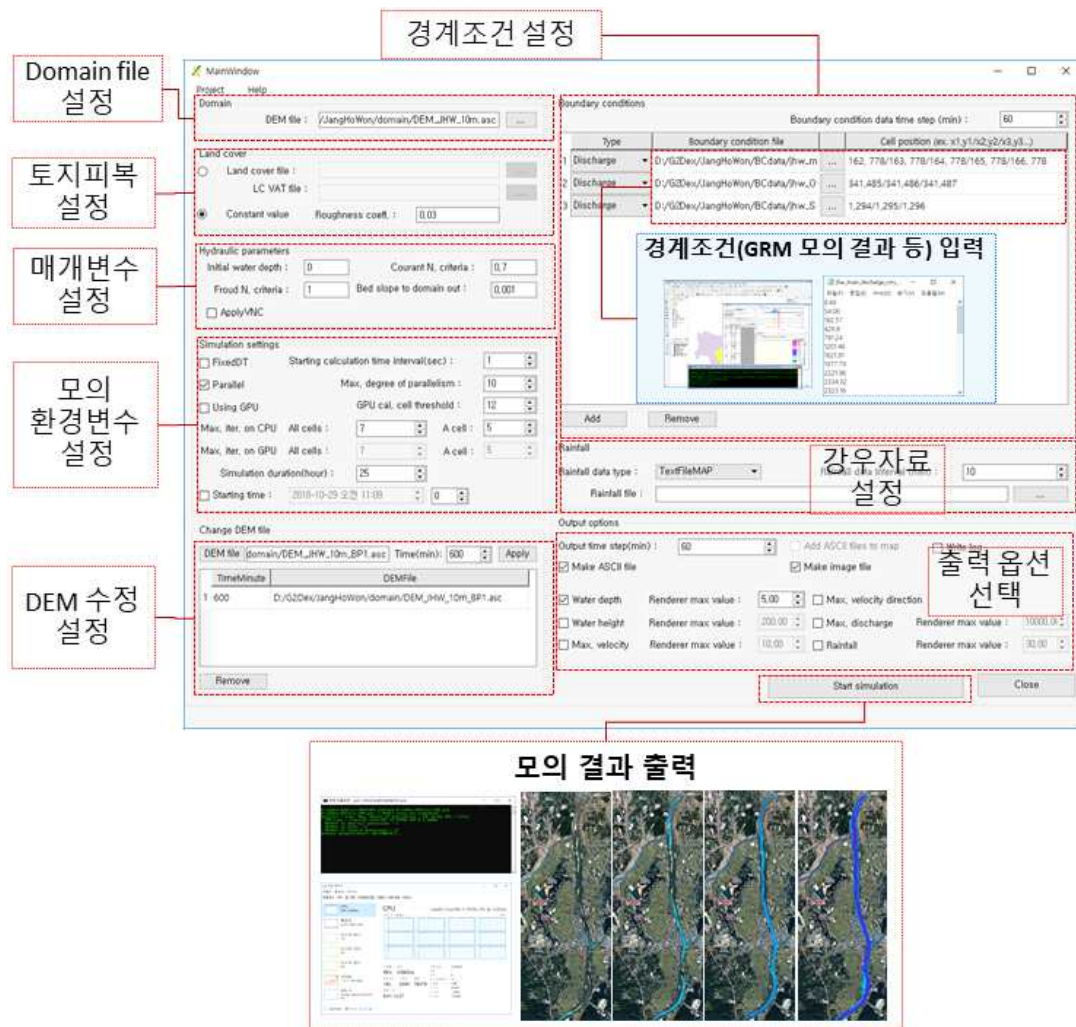
- (성능) QGIS v3.8에서 plug-in하여 구동하도록 설계
- (기능) 격자 기반의 위성강우와 DEM, Soilmap, Landcover 등의 자료를 이용하여 유출량을 분석하고, 모의 결과를 G2D의 입력 경계조건으로 사용



<QGIS-GRM과 GRM 모형 입력자료가 업로드된 QGIS 화면>

## □ QGIS 기반 침수해석 모형(QGIS-G2D)

- (성능) QGIS v3.8에서 plug-in하여 구동하도록 설계
- (기능) 해외 미계측지역에서 넓은 지표면에 발생하는 침수현상을 모의하기 위해 정형사각형 격자 기반의 2차원 침수해석 모델



<QGIS-G2D GUI>

- (목적) QGIS환경에서 홍수/침수분석을 순차적으로 수행할 수 있도록 개발된 광역 홍수평가 시스템에 대해 위성강우 다운로드에서 각 단계별 자료 처리에 대한 교육



□ (동영상 다운로드)

- 각 모듈에 대한 사용자 교육을 위한 동영상을 제작하였으며, 다음의 URL에서 제공되는 각 모듈 및 모형에 대한 교육용 동영상을 통해 손쉽게 모형을 사용할 수 있도록 하였음
- YouTube video clips (<https://github.com/floodmodel/References>)
  - Data processing tools : <https://www.youtube.com/watch?v=iC3Qa9iwcus&t=62s>
  - Kict Satellite Precipitation Converter : <https://www.youtube.com/watch?v=E6YkLwmPDP4>
  - GRM model : <https://www.youtube.com/watch?v=w9sBGezkPes>
  - G2D model : <https://www.youtube.com/watch?v=lnXc0Z8PRyY>
  - Flood analysis using satellite precipitation and global geographic data : <https://www.youtube.com/watch?v=Kh92vCsdMs4>