

Grid based rainfall-runoff model Tutorial

최윤석

한국건설기술연구원 수자원하천연구본부

v.GRM2022
2023.07

목 차

1. GRM 모델 실행 방법	1
1.1 Console 창에서 실행	1
1.2 QGRM을 이용한 실행	1
2. QGRM plug-in 설치 및 실행 방법	2
3. QGRM을 이용한 모델 구축 및 실행	4
3.1 모델 입력 공간자료를 QGIS에 추가	4
3.2 Project > New Project	5
3.3 Project > Save Project	5
3.4 Setup input data > Watershed	5
3.5 Setup input data > Land Cover / Soil	6
3.6 Setup input data > Weather Data	7
3.7 Setup / Run GRM	8
3.7.1 Simulation 탭	8
3.7.2 Watch points 탭	9
3.7.3 Channel cross section 탭	10
3.7.4 Flow control 탭	11
3.7.5 Watershed parameters 탭	12
3.7.6 GRM 모델 실행	14
부록 #1. Drainage plug-in을 이용한 수문학적 공간정보 생성	15
부록 #2. CellEditor plug-in을 이용한 DEM 수정	19

1. GRM 모델 실행 방법

1.1 Console 창에서 실행

1. 텍스트 편집기 혹은 QGRM을 이용해서 xml 형식의 모델 프로젝트 파일(*.gmp) 작성
2. Console 창에서 gmp 파일을 argument로 입력하여 GRM 모델 (GRM.exe) 실행

Console 창에서 GRM 모델 실행 예시

1. GRM.exe 파일이 'C:\GRM' 폴더에 있고,
SampleProject.gmp 파일이 'C:\GRM\Sample' 폴더에 있을 경우의 실행문

```
C:\GRM>GRM.exe C:\GRM\Sample\SampleProject.gmp
```

2. 프로젝트 파일 및 경로에 공백이 있는 경우에는 “” 표로 묶어서 입력

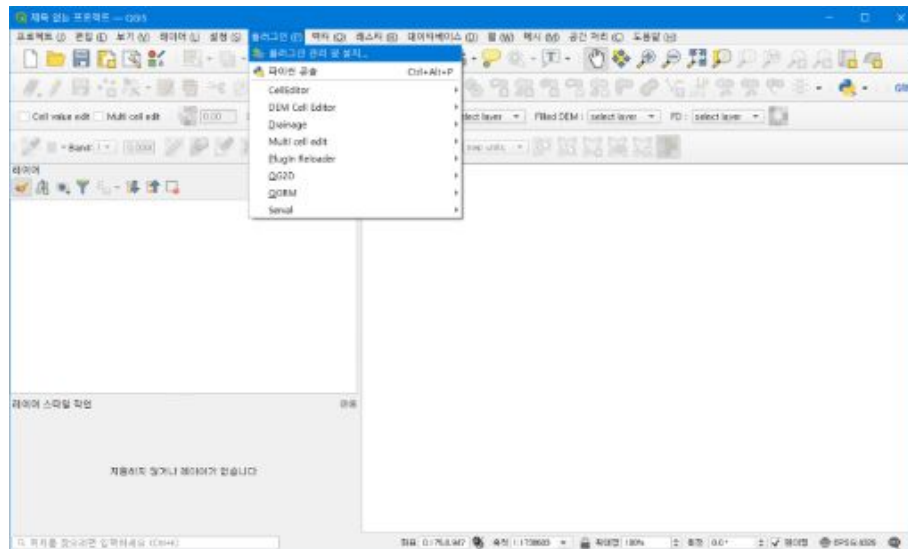
```
C:\GRM>GRM.exe "C:\GRM\Sample\Sample Project.gmp"
```

1.2 QGRM을 이용한 실행

1. QGIS 버전 3.10 이상(버전 3.16 권장)에서 QGRM plug-in 실행
2. QGRM GUI에서 gmp 파일 작성 및 GRM 모델 실행

2. QGRM plug-in 설치 및 실행 방법

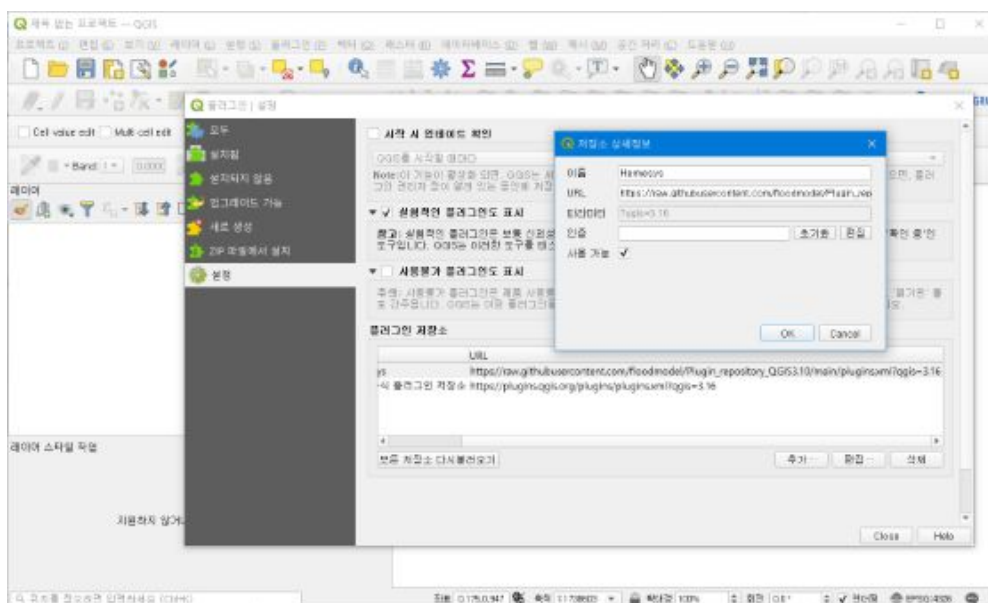
1. QGIS에서 “플러그인 > 플러그인 관리 및 설치” 메뉴 실행



2. “설정” 탭에서 “실험적인 플러그인도 설치”를 체크하고, 플러그인 저장소에서 “추가” 메뉴 실행
3. “저장소 상세정보”에서 “이름”을 입력(예, Hermesys)하고, URL에 아래의 링크 입력

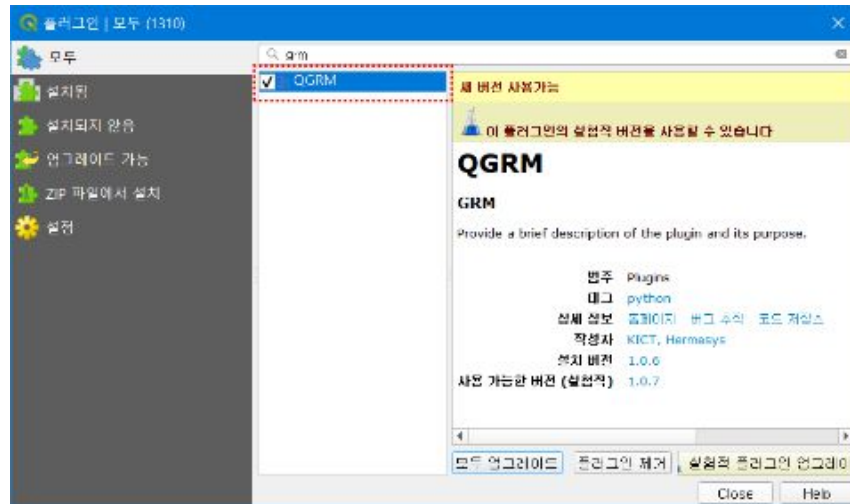
https://raw.githubusercontent.com/floodmodel/Plugin_repository_QGIS3.10/main/plugins.xml

- * 이 저장소는 QGRM, QG2D, QGIS_Drainage, QGIS_Celleditor plug-in을 포함하고 있으며, 이미 저장소 위치 xml 이 추가된 경우에는 다시 추가할 필요 없음

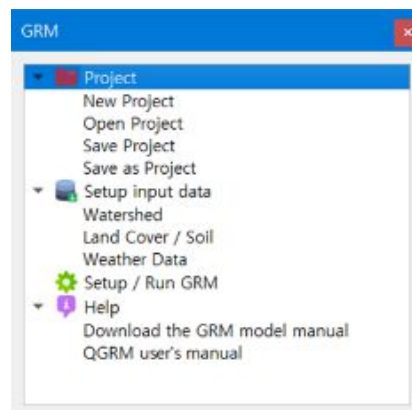


4. “모두” 탭에서 ‘QGRM’을 선택한 후 설치

※ 아래 그림에서 QGRM 버전은 최신 버전과 다를 수 있음. QGRM 최신 버전의 사용을 권장함



5. QGRM plug-in을 설치하면, 아래와 같은 “GRM” 아이콘이 추가되고, GRM 아이콘을 클릭하면 QGRM 메뉴가 추가됨



3. QGRM을 이용한 모델 구축 및 실행

3.1 모델 입력 공간자료를 QGIS에 추가

1. GRM 모델에서 사용되는 도메인 영역(유역 등), 경사, 흐름방향, 흐름누적수, 하천망 등 수문학적 공간자료 ASCII 래스터 파일 추가
2. 토지피복, 토성, 토양심 자료 ASCII 래스터 파일 추가

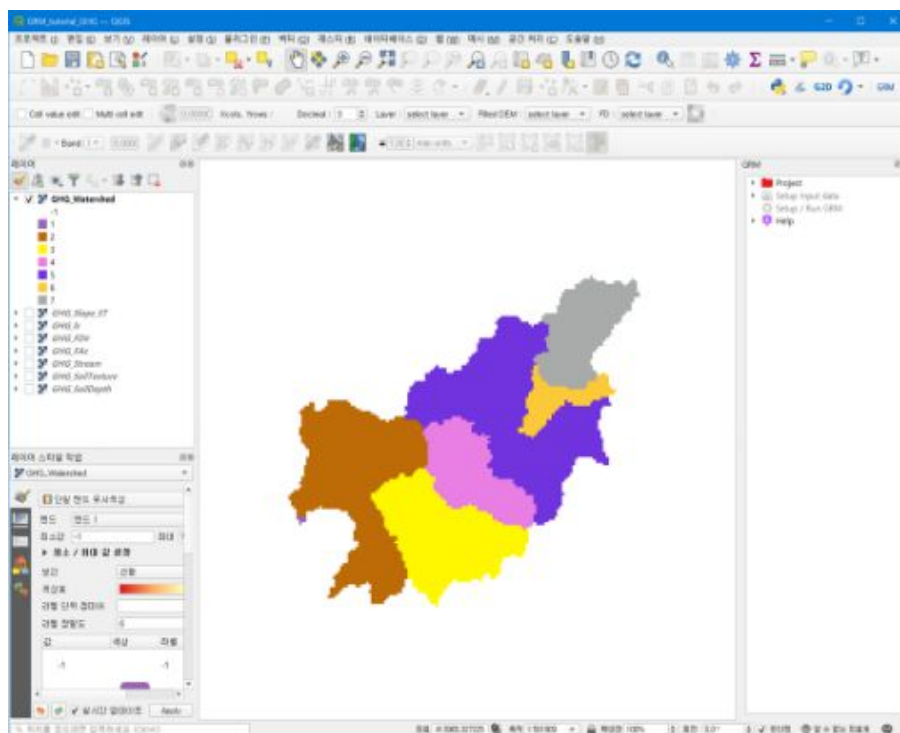
※ 본 tutorial에서는 영천댐을 포함한 금호강 샘플데이터를 이용한 유출모의를 예제로 함. 아래 URL의 샘플 데이터를 “C:\GRM”에 배치

<https://github.com/floodmodel/GRM/blob/master/DownloadStableVersion/SampleGHG.zip>

GRM 모델 입력자료를 QGIS에 추가

C:\GRM\SampleGHG\watershed 폴더에 있는 아래의 파일 추가

- GHG_Watershed.asc (도메인 영역)
- GHG_Slope_ST.asc (경사)
- GHG_FDir.asc (흐름방향)
- GHG_FAc.asc (흐름누적수)
- GHG_Stream.asc (하천)
- GHG_Lc.asc (토지피복)
- GHG_SoilTexture.asc (토성)
- GHG_SoilDepth.asc (토양심)



3.2 Project > New Project

GRM 모델 실행을 위한 새로운 프로젝트를 시작하며, xml 형식의 프로젝트 파일(.gmp) 생성
(※ 본 예제에서는 “C:\GRM\GHG_GRM_ex\GRM_Sample.gmp” 파일 입력)

3.3 Project > Save Project

QGRM GUI에서 사용자가 입력한 설정을 gmp 파일에 저장

3.4 Setup input data > Watershed

1. QGIS에 추가된 유역 지형 ASCII 파일을 각 항목에 맞게 선택
2. 흐름방향 인덱스(매뉴얼 참고)에 맞게 선택(본 예제에서 GHG_FDir.asc 파일은 TauDEM을 이용해서 만들어 짐)
3. 하폭 래스터 파일, 초기포화도 래스터

Setup Watershed data

Surface topographic layers

Watershed area: GHG_Watershed

Watershed slope: GHG_Slope_ST

Flow direction: GHG_FDir

Flow direction index type

☐ Start from north ☐ Start from northeast

☐ East ☒ TauDEM index

Flow accumulation: GHG_FAc

Channel layer

☒ Stream: GHG_Stream

☐ Channel width: select layer

Initial condition

☐ Ini. soil sat. ratio: select layer

☐ Ini. channel flow: select layer

OK Cancel

3.5 Setup input data > Land Cover / Soil

1. QGIS에 추가된 토지피복, 토성, 토양심 ASCII 파일을 항목에 맞게 선택
2. 선택된 ASCII 파일과 같은 이름의 .VAT 파일이 있으면, 자동으로 선택됨
3. 각 래스터 파일의 항목별 속성 값은 우측 표에서 수정가능
4. “LAI file”과 “Blaney Criddle Coef”는 연속형 모의에서 각각 차단과 증발산을 모의할 경우에는 입력하고, 그렇지 않을 경우에는 입력하지 않아도 됨

Land cover parameters

☒ Use land cover layer ☐ Use constant value

Land cover: GHG_Lc

VAT file: /grm/sampleghg/watershed/ghg_Lc.vat

Roughness Coefficient:

Impervious Ratio:

LAI File:

Blaney Criddle Coef:

GridValue	UserLandCover	GRMCode	roughness
100	시가화/건조지역	URBN	0.015
200	농업지역	AGRL	0.035
300	산림지역	FRST	0.1
400	조지	GRSS	0.15
500	습지	WTLD	0.07
600	나지	BARE	0.02
700	수역	WATR	0.03

Green-Ampt parameters

☒ Use soil texture layer ☐ Use constant value

Soil texture: GHG_SoilTexture

VAT file: npleghg/watershed/ghg_soiltexture.vat

Porosity:

Effective porosity:

Wetting front suction head:

Hydraulic conductivity:

GridValue	USERSoil	GRMCode	Pc
1	미사질식양토	SiCL	0.471
2	미사질양토	SIL	0.501
3	사양토	SL	0.453
4	사토	S	0.437
5	식양토	CL	0.464
6	식토	C	0.475

Soil depth

☒ Use soil depth layer ☐ Use constant value

Soil depth: GHG_SoilDepth

VAT file: ampleghg/watershed/ghg_soildepth.vat

Soil depth:

GridValue	UserDepthClass	GRMCode	Soil
1	깊음	D	125
2	매우얕음	VS	10
3	보통	M	75

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

OK Cancel

3.6 Setup input data > Weather Data

1. 유역평균 강우자료, 도메인 내에서 구분된 영역에 대한 평균 강우자료, ASCII 래스터 강우자료 중 하나의 형식으로 강우 시계열 자료 구축
2. Precipitation 입력
 - 유역평균 강우자료, 도메인 내에서 구분된 영역에 대한 평균 강우자료일 경우에는 강우 값이 저장된 텍스트 파일 입력
 - ASCII 래스터 강우자료를 구축한 경우에는 ASCII 파일의 경로와 이름 목록이 저장된 파일 입력 (본 예제에서는 C:\GRM\SampleGHG\ghg_rf_201609021600.txt)
 - 강우자료의 시간 간격 입력 (본 예제에서는 10분)
3. 기온, 일사량, 일조시간, snowpack 온도 자료는 연속형 모의에 사용되며, 증발산, 융설을 모의하지 않을 경우에는 입력하지 않아도 됨

Setup Weather Data

Precipitation

Precipitation data file

Data time interval [min]

Temperature

Maximum temperature data file

Data time interval [min]

Minimum temperature data file

Data time interval [min]

Solar radiation

Solar radiation data file

Data time interval [min]

Daytime

Daytime length data file

Data time interval [min]

Daytime hours ratio data file

Snowpack temperature

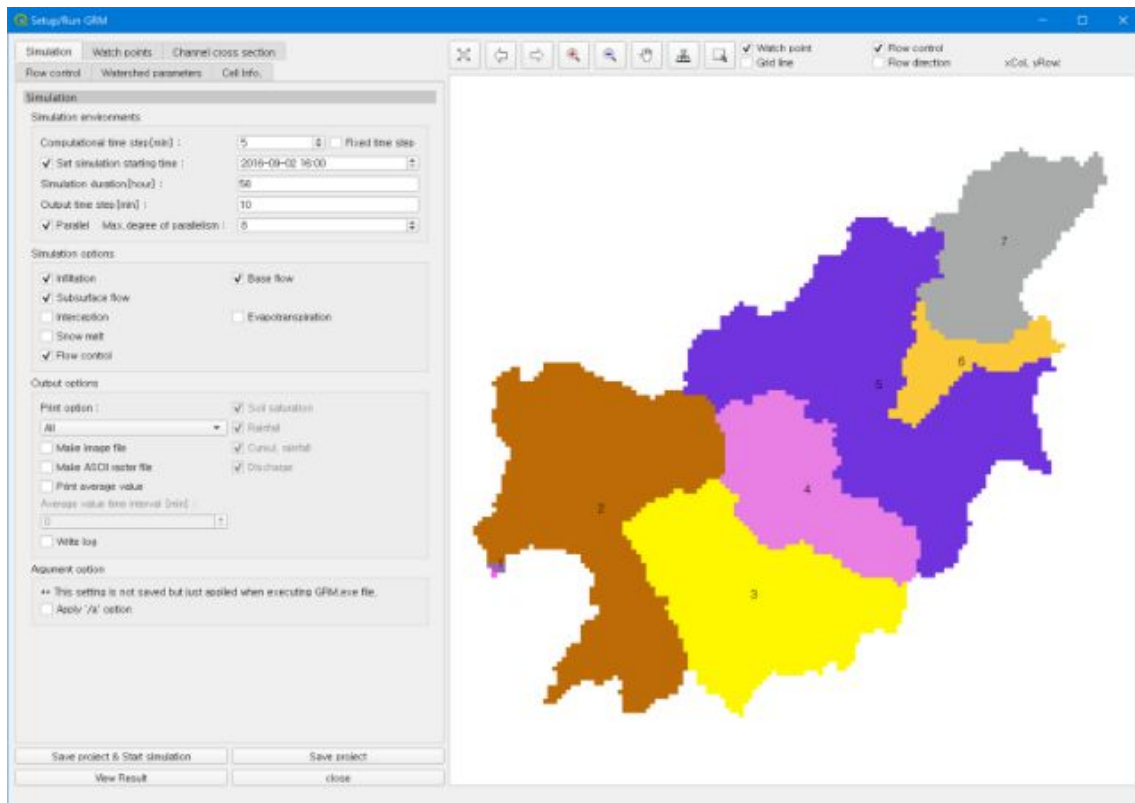
Snowpack temperature data file

Data time interval [min]

3.7 Setup / Run GRM

3.7.1 Simulation 탭

1. 모의 환경변수를 항목별로 입력
 2. "Set simulation starting time"을 설정하지 않으면, 모의시점은 '0'으로 설정됨
 3. "Simulation options"에서 모의할 수문성분 선택
 - 댐과 같은 흐름제어 시설물을 모의할 경우에는 "Flow control" 선택
 - 연속형 모의에서는 모든 항목 선택
 - 홍수사상 모의에서는 "Interception", "Evapotranspiration", "Snow melt"는 필수 선택 아님
 - 본 예제에서는 홍수사상을 모의하므로, "Infiltration", "Subsurface flow", "Base flow"를 선택하고, 영천댐 방류량을 적용하므로 "Flow control"을 선택
- * 우측의 지도화면은 "Setup input data > Watershed" 메뉴에서 "Watershed area"로 선택한 ASCII 파일과 QGIS 지도창에서 설정된 renderer를 이용해서 표시됨
- * 본 예제에서는 Computational time step에 5분, Simulation starting time에 "2016-09-02 16:00", Simulation duration에 56시간, Output time step에 10분, Max. degree of parallelism에 8을 설정함

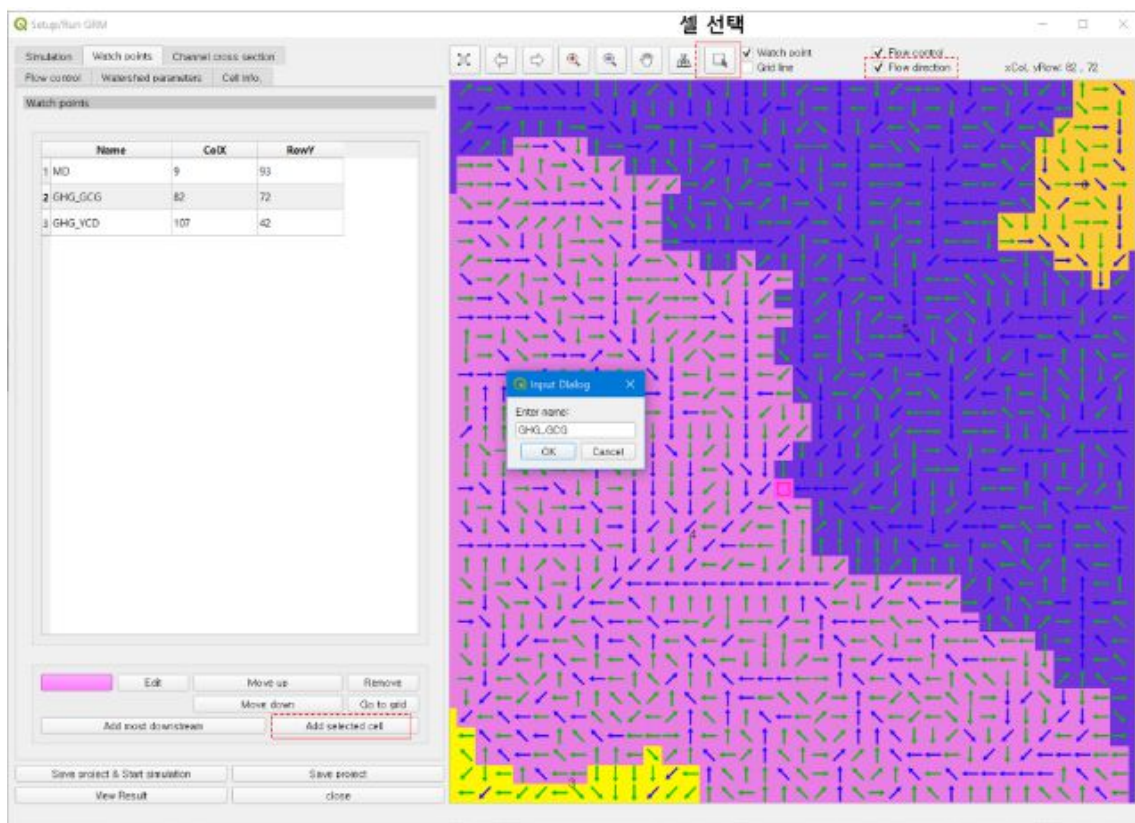


3.7.2 Watch points 탭

1. 모의결과를 출력할 격자 선택

- 지도화면 우상단에 있는 “Flow direction”을 선택하면, 지도화면에서 흐름방향이 표시됨. 파란색 화살표는 하천 셀, 초록색 화살표는 overland flow 셀을 나타냄
- 셀 선택 아이콘을 선택하고, 지도화면에서 격자를 선택하면, 화면 우상단에 격자의 위치가 표시됨

2. 우측 지도화면에서 격자를 선택한 후 “Add selected cell” 버튼을 클릭하면, 좌측 표에 watch point가 추가됨 (본 예제에서는 도메인 최하류, 영천시(금창교) 수위관측소, 영천댐 3개의 지점을 watch point로 추가함)



3.7.3 Channel cross section 탭

1. 하폭을 설정할 유역선택(WSID)

- WSID 부분에는 모의 도메인 내에서 도메인 밖으로 흐름이 있는 유역(최하류 유역)의 목록이 표시됨
- 하천 단면 정보는 모의 도메인 내에 있는 최하류 유역에서만 설정함

2. 하폭 설정 방법, 제방경사 입력

Simulation Watch points Channel cross section

Flow control Watershed parameters Cell info

Channel cross section

Select watershed

WSID

1

☐ Use channel width equation : $b=(cxA^d)/S^e$

c : 1.695 d : 0.318 e : 0.5

A : Upstream WS area, s:Channel bed slope

☒ Generate channel width

Most downstream channel width[m] : 400

☐ Compound Cross Section

M.D. Lower region height[m] : 0

M.D. Lower region width[m] : 0

M.D. Upper region base width[m] : 0

Channel width limit for compound CS[m] : 0

Bank side slope[m/m]

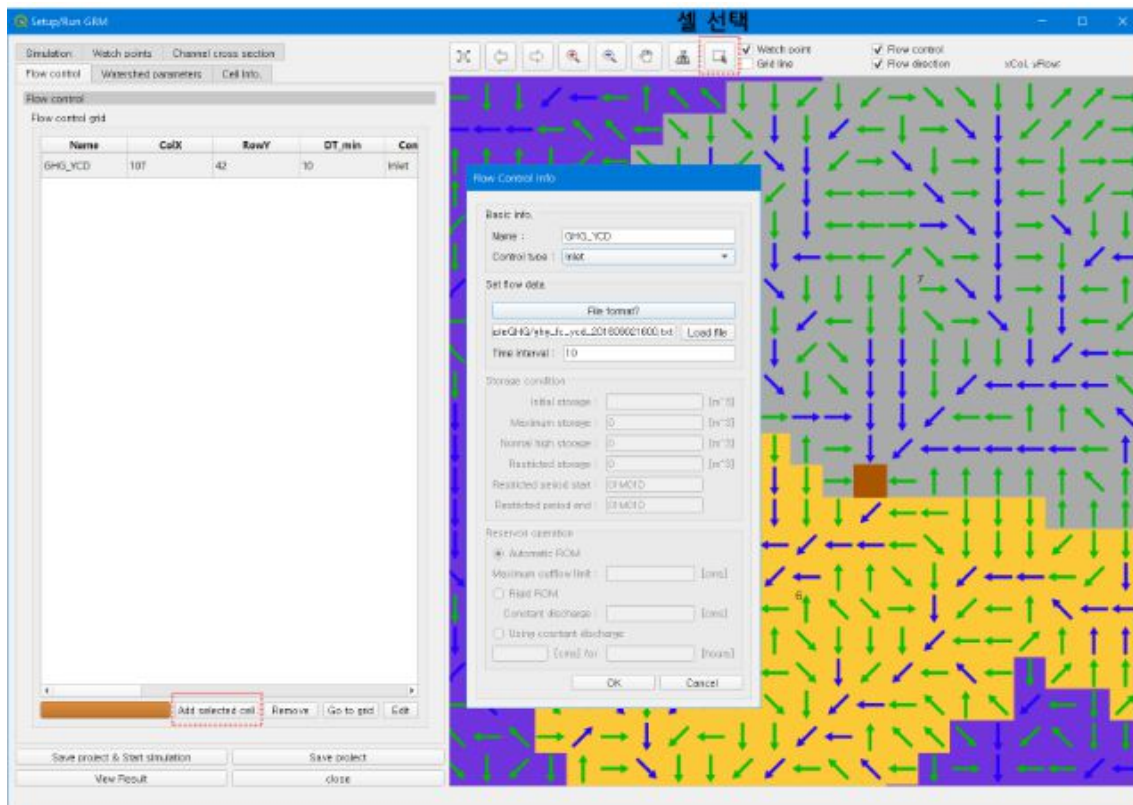
Right bank : 1.5 Left bank : 1.5

Apply

Save project & Start simulation View Result Save project close

3.7.4 Flow control 탭

1. Flow control 모의 격자 선택
 2. 우측 지도화면에서 격자를 선택한 후 “Add selected cell” 버튼을 클릭하면, 좌측 표에 flow control을 모의할 격자가 추가됨 (본 예제에서는 영천댐 지점을 추가함)
 3. Flow control을 모의할 조건(저수지 제원, 흐름조절 조건, 관측자료 등)을 항목별로 입력 (본 예제에서는 저수지 방류량을 이용하여 유역 유출을 모의하므로, “Control type”으로 ‘Inlet’을 선택하고, 영천댐의 관측 방류량 자료가 저장된 파일을 입력)
- * 본 예제에서는 “C:\GRM\SampleGHG\ghg_fc_ycd_201609021600.txt” 파일을 영천댐의 관측 방류량 자료로 사용함



3.7.5 Watershed parameters 탭

1. Select WS : 모델 보정을 위해서 매개변수를 수정할 유역 선택 (본 예제에서는 영천시 (금창교) 지점에 대해서 모델을 보정하므로, 금창교를 유출구로 가지는 유역인 5번을 선택함)

* 다지점 보정기법이 적용되며, 사용자에게 의해서 수정된 유역들 사이에 있는 유역은 하류에 있는 사용자 설정 매개변수를 이용해서 모의됨
2. Watershed : 유출모의 시점에서의 초기포화도, overland flow를 모의하는 격자에서의 최소경사 조건, 불포화 투수계수 산정 방법 입력
3. Stream : 하천흐름을 모의하는 격자에서의 최소 경사 조건, 최소 하폭, 하천 조도계수, 건천차수, 선택된 유역의 출구 하천에서의 초기 유량 입력
4. Calibration coefficient : 토지피복도 의해서 설정되는 overland flow에서의 조도계수와 토양 자료에 의해서 설정되는 매개변수를 특정 비율로 수정하고자 하는 비율 값 입력
5. “Interception”, “Evapotranspiration”, “Snow melt”의 각 항목 입력(본 예제에서는 “Simulation options”에서 이 항목을 선택하지 않으므로, 비활성 상태임)
6. 입력된 매개변수를 적용하기 위해서 “Apply current WS” 명령 실행. 선택된 유역에서 사용자 수정 매개변수를 삭제할 경우에는 “Remove WS parameters” 실행

Simulation Watch points Channel cross section

Flow control Watershed parameters Cell info.

Watershed parameters

Select watershed

Select WS	UserSetWS	UpWS	DownWS
5	1 5	6 7	4 3 2 1

Watershed

Initial soil saturation ratio : 0.94

Minimum slope of land surface : 0.0001

UnsaturatedK type: Linear CoefUnsaturatedK : 0.2

Stream

Minimum slope of channel bed : 0.0002 Minimum channel width[m] : 50

Apply initial stream flow[CMS] : 8.4 Channel roughness : 0.045

Ini, dry stream order : 0

Calibration coefficient

Land cover roughness coefficient : 1

Soil porosity : 1 Soil wetting front S.H. : 1

Soil hyd, cond. : 1.6 Soil depth : 1.5

Interception

Interception method : None

Evapotranspiration

PET method : None ET coefficient : 0

Snow melt

Snow melt method : None Melting temperature[°C] : 0

Snow melt coefficient : 0 Snow coverage ratio : 0

Threshold temperature for snow and rain[°C] : 0

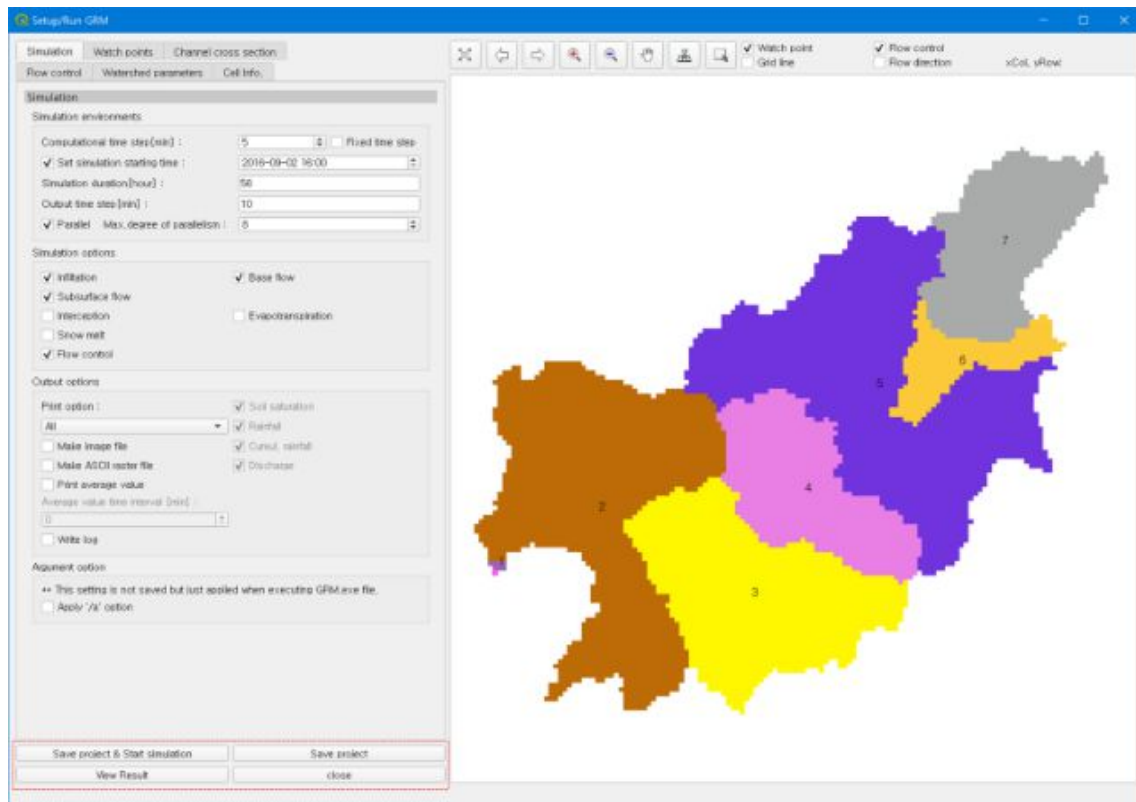
Apply current WS Remove WS parameters

Save project & Start simulation Save project

View Result close

3.7.6 GRM 모델 실행

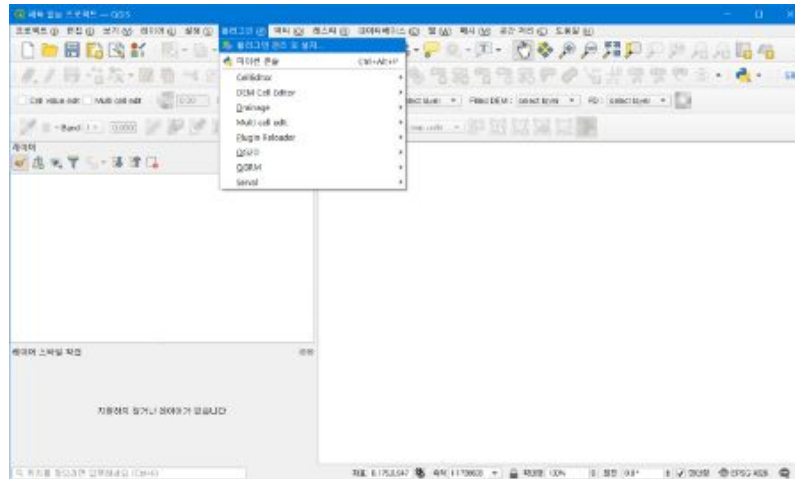
1. Save project & Start simulation : 현재 상태에서 GRM 모델 프로젝트 파일(.gmp)을 저장하고 모의 시작
2. Save project : 현재 상태에서 GRM 모델 프로젝트 파일(.gmp) 저장
3. View Result : 모의결과 중 유량 출력 파일(*_Discharge.out)을 Notepad에서 조회



부록 #1. Drainage plug-in을 이용한 수문학적 공간정보 생성

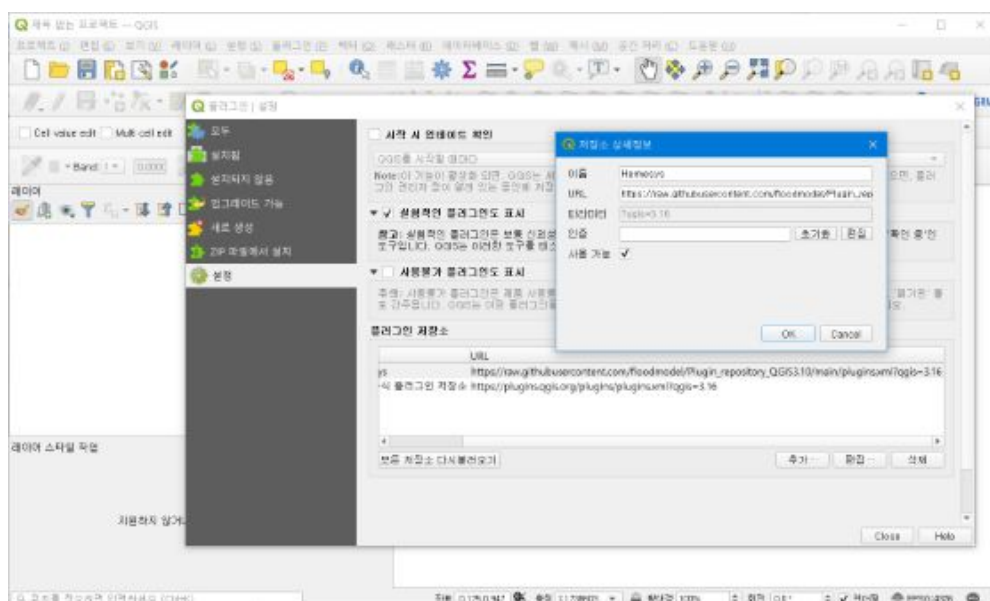
1. Drainage plug-in 설치

1. QGIS에서 “플러그인 > 플러그인 관리 및 설치” 메뉴 실행

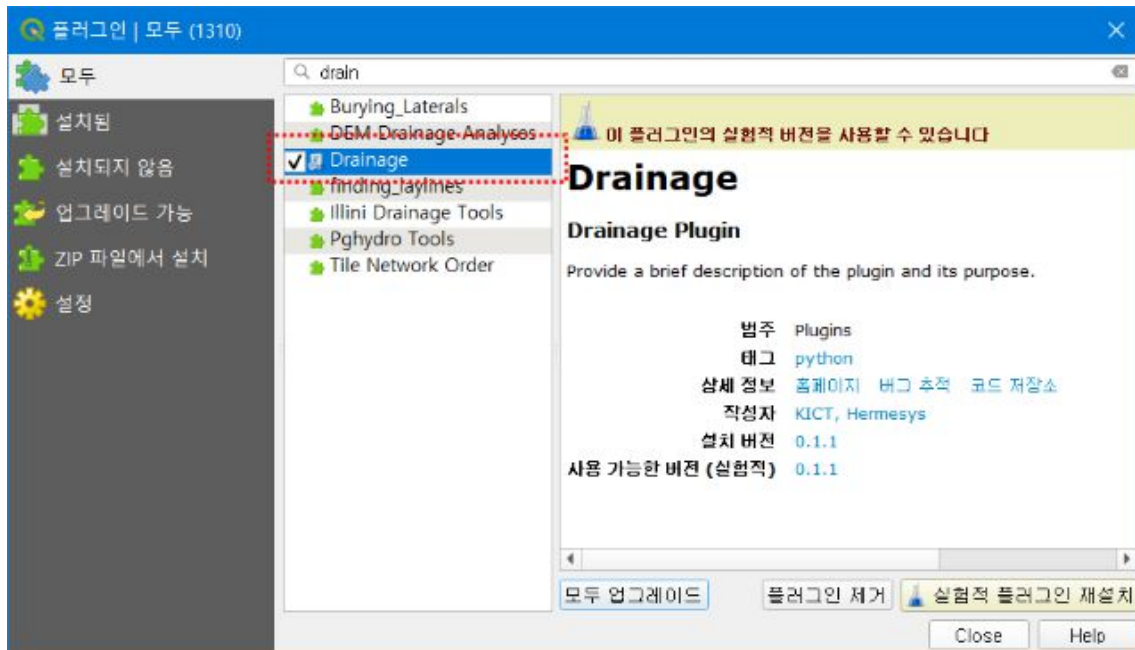


2. “설정” 탭에서 “실험적인 플러그인도 설치”를 체크하고, 플러그인 저장소에서 “추가” 메뉴 실행
3. “저장소 상세정보”에서 “이름”을 입력(예, Hermesys)하고, URL에 아래의 링크 입력

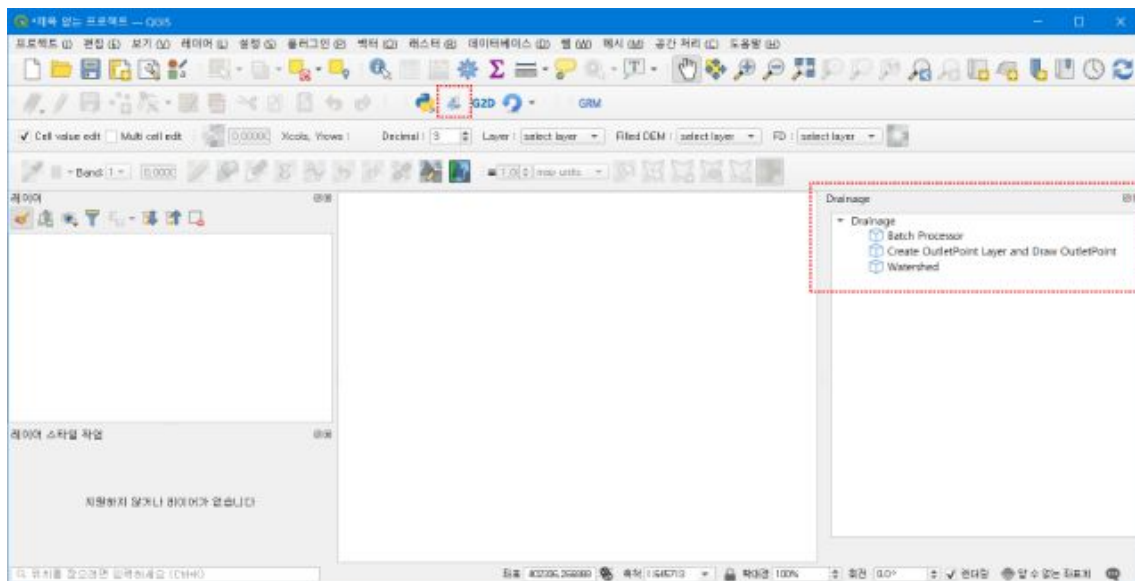
https://raw.githubusercontent.com/floodmodel/Plugin_repository_QGIS3.10/main/plugins.xml



4. “모두” 탭에서 ‘Drainage’를 선택한 후 설치



5. Drainage plug-in을 설치하면 아래와 같은 도구상자가 추가됨

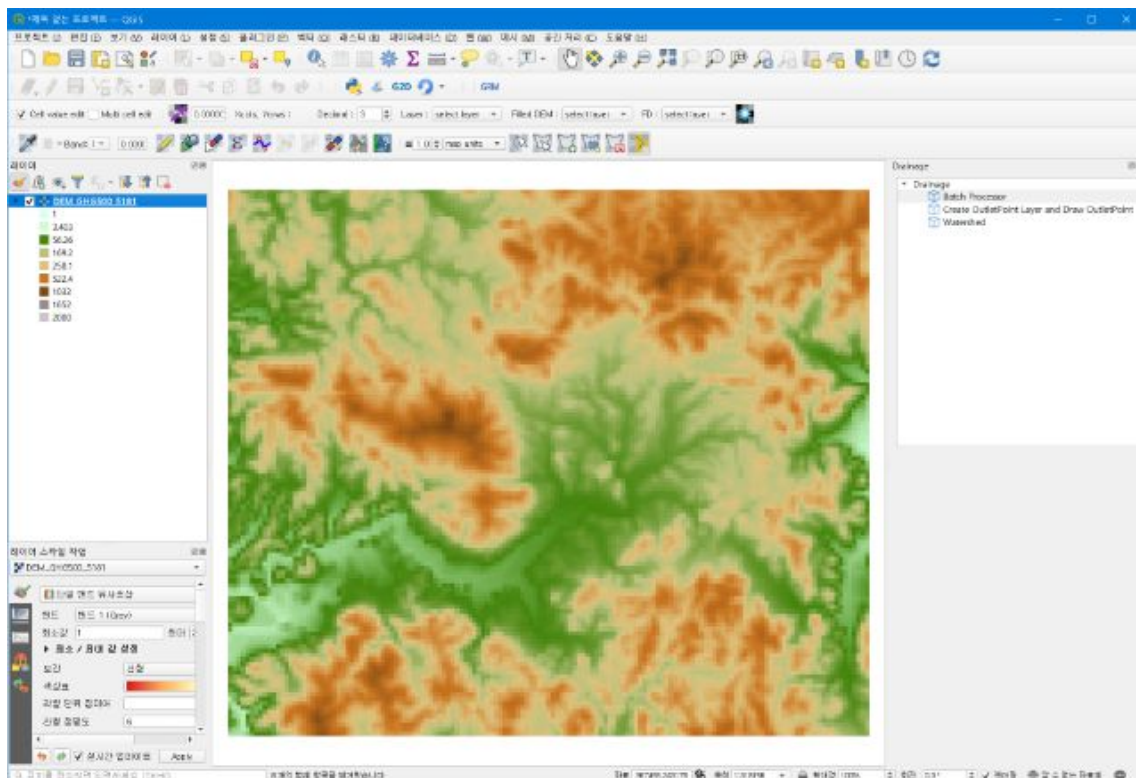


2. Drainage plug-in을 이용한 수문학적 공간정보 생성

1. DEM을 QGIS에 추가

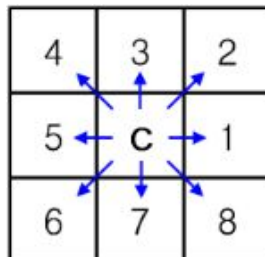
- Drainage tool은 ASCII, GeoTIFF 포맷 모두 사용 가능
- 본 예제에서는 금호강 유역이 포함된

C:\GRM\SampleGHG\watershed\watershed_work\DEM_GHG500_5181.tif 파일 추가



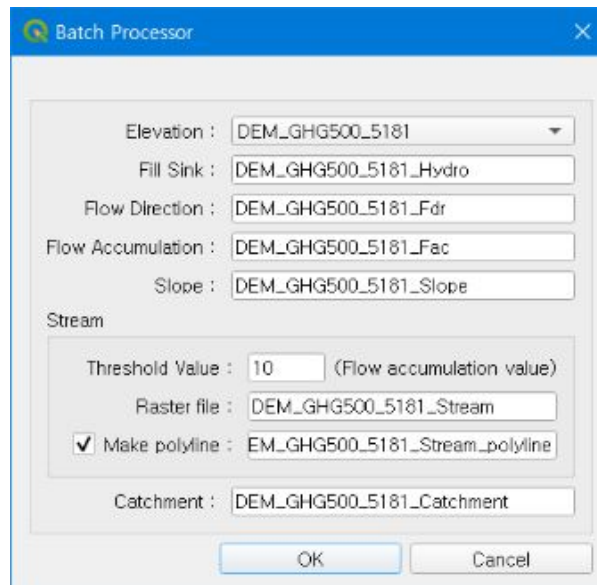
2. Drainage > Batch Processor

- Elevation에 DEM 레이어를 선택하면 데이터 처리결과 파일의 이름이 자동으로 부여됨
- Drainage tool은 TauDEM을 이용하여 자료를 생성하므로, 흐름방향 인덱스는 아래와 같음



<TauDEM에서 설정되는 흐름방향 인덱스(StartsFromE_TauDEM)>

- Threshold value에 하천셀로 지정할 최소 흐름누적수(flow accumulation) 값 입력
- “OK” 버튼을 클릭하고, 각 자료 생성

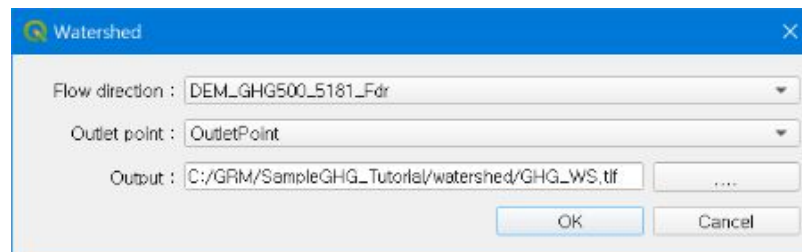


3. Drainage > Create OutletPoint Layer and Draw OutletPoint

- 유출구 포인트 레이어를 만들고, 유출구 데이터를 추가함
- QGIS의 “레이어 > 레이어 생성 > 새 Shapefile 레이어” 메뉴와 같은 기능을 하며, 만들어진 새 Shapefile을 편집모드로 전환 후 유출구 포인트 추가

4. Drainage > Watershed

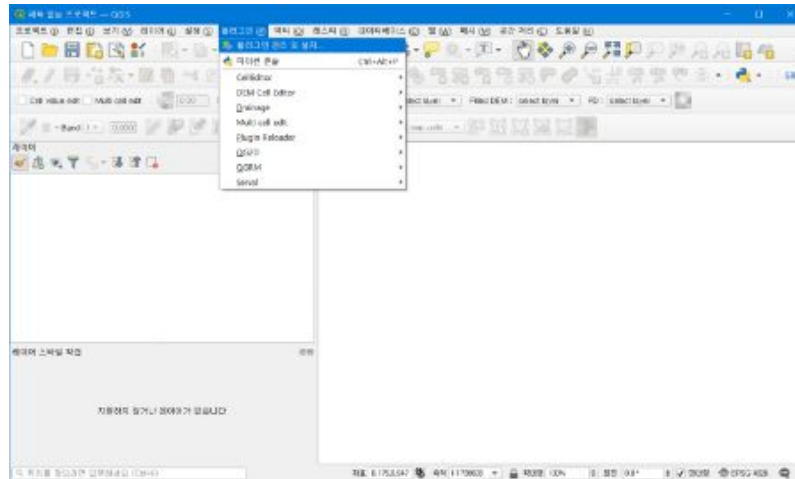
- 흐름방향 래스터 레이어, 유출구 포인트 레이어 선택
- 흐름방향 레이어와 유출구 레이어는 같은 좌표계로 설정되어 있어야 함
- 생성할 유역 파일의 경로와 이름 입력



부록 #2. CellEditor plug-in을 이용한 DEM 수정

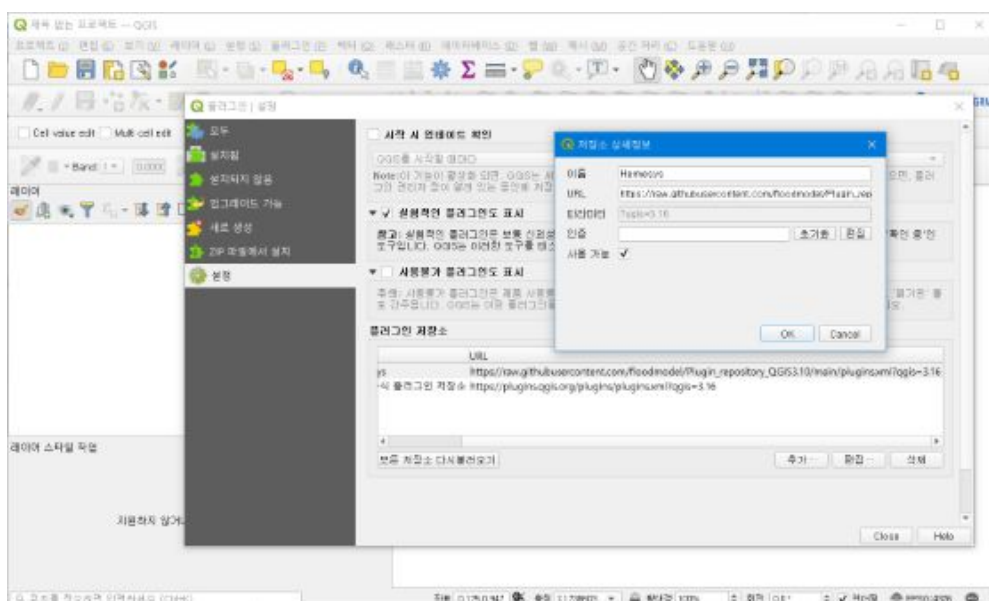
1. CellEditor plug-in 설치

1. QGIS에서 “플러그인 > 플러그인 관리 및 설치” 메뉴 실행

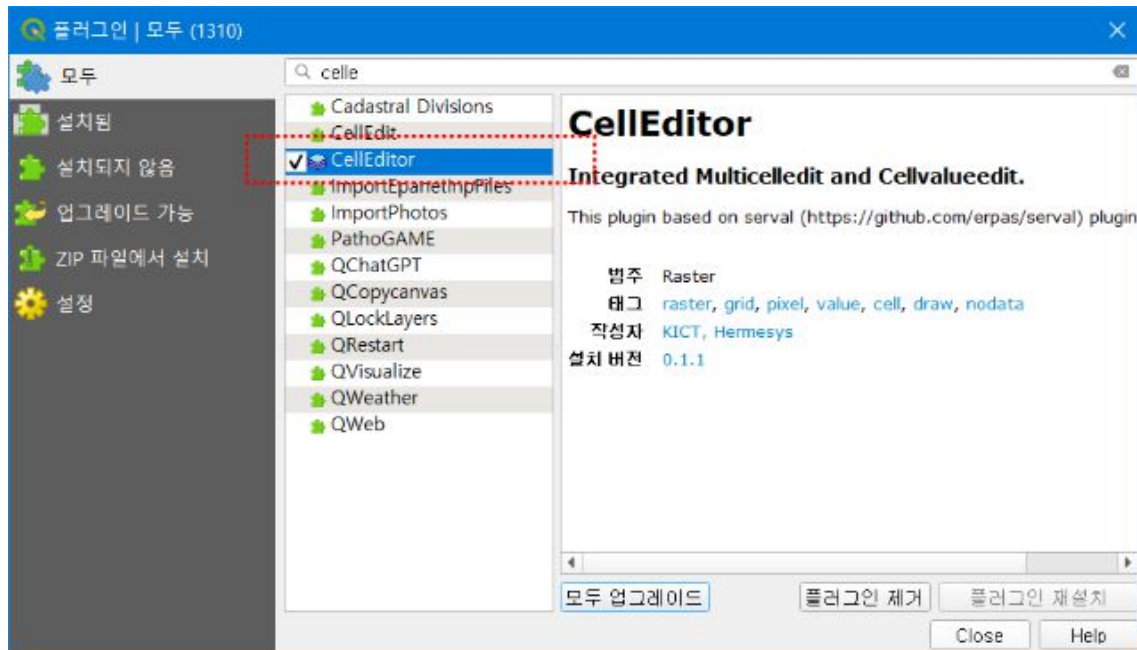


2. “설정” 탭에서 “실험적인 플러그인도 설치”를 체크하고, 플러그인 저장소에서 “추가” 메뉴 실행
3. “저장소 상세정보”에서 “이름”을 입력(예, Hermesys)하고, URL에 아래의 링크 입력

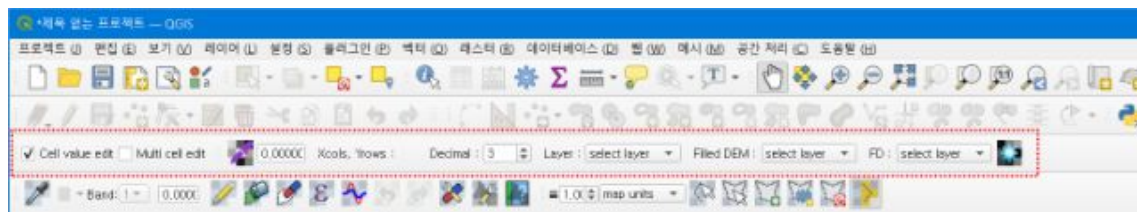
https://raw.githubusercontent.com/floodmodel/Plugin_repository_QGIS3.10/main/plugins.xml



4. “모두” 탭에서 ‘CellEditor’를 선택한 후 설치



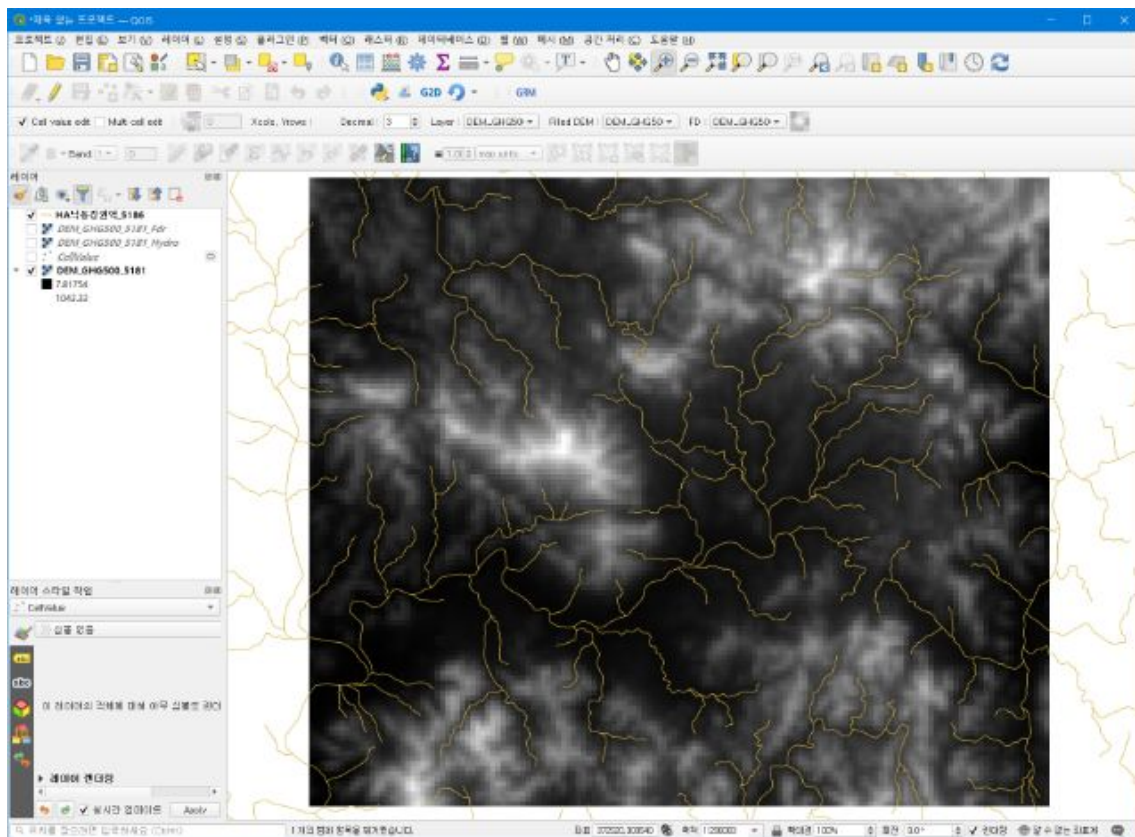
5. CellEditor plug-in을 설치하면 아래와 같은 도구상자가 추가됨



2. CellEditor plug-in을 이용한 DEM 수정

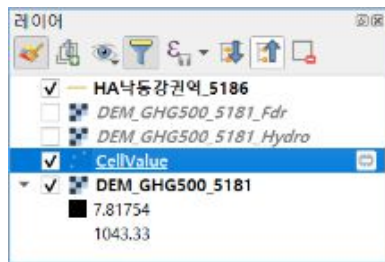
1. DEM, Filled DEM, 흐름방향 레이어를 QGIS에 추가

- CellEditor tool은 GeoTIFF 포맷만 사용 가능
- 본 예제에서는 금호강 유역이 포함된 아래의 파일 추가
 - 원본 DEM
C:\GRM\SampleGHG\watershed\watershed_work\DEM_GHG500_5181.tif
 - Sink가 제거된 DEM
C:\GRM\SampleGHG\watershed\watershed_work\DEM_GHG500_5181_Hydro.tif
 - 흐름방향 래스터 파일
C:\GRM\SampleGHG\watershed\watershed_work\DEM_GHG500_5181_Fdr.tif

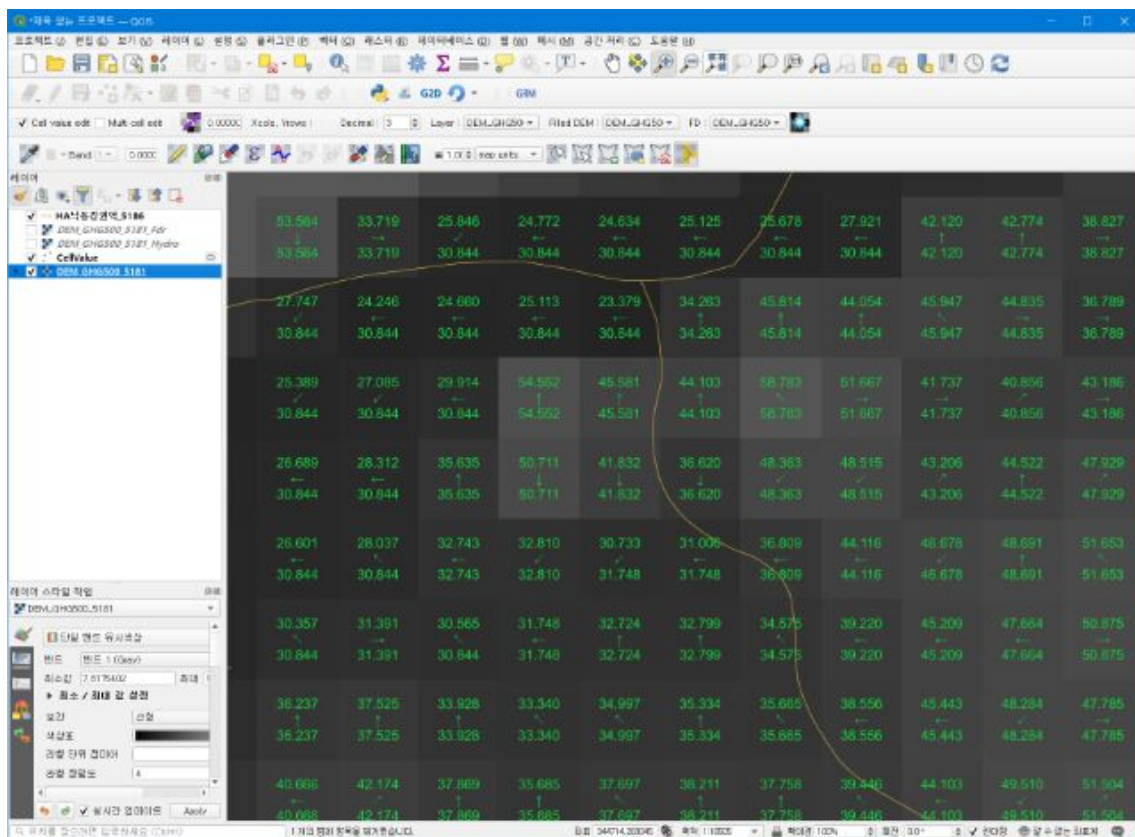


2. CellEditor tool에서 DEM, Filled DEM, 흐름방향 레이어 선택


- Layer : DEM 레이어
- FilledDEM : Sink가 제거된 DEM 레이어
- FD : 흐름방향 레이어
- 각 레이어를 선택하면 “CellValue”라는 임시 레이어가 추가



- “CellValue” 레이어를 활성화(체크) 하면 아래와 같이 흐름방향과 고도가 표시됨
 - * 흐름방향과 고도가 표시되지 않을 경우, 화면을 확대하면 표시됨
 - * 화살표 위에 있는 값은 “Layer”에서 선택된 자료의 값 (원본 DEM의 값 등), 화살표는 흐름방향, 화살표 아래에 있는 값은 “FilledDEM”에서 선택된 자료의 값을 표시함



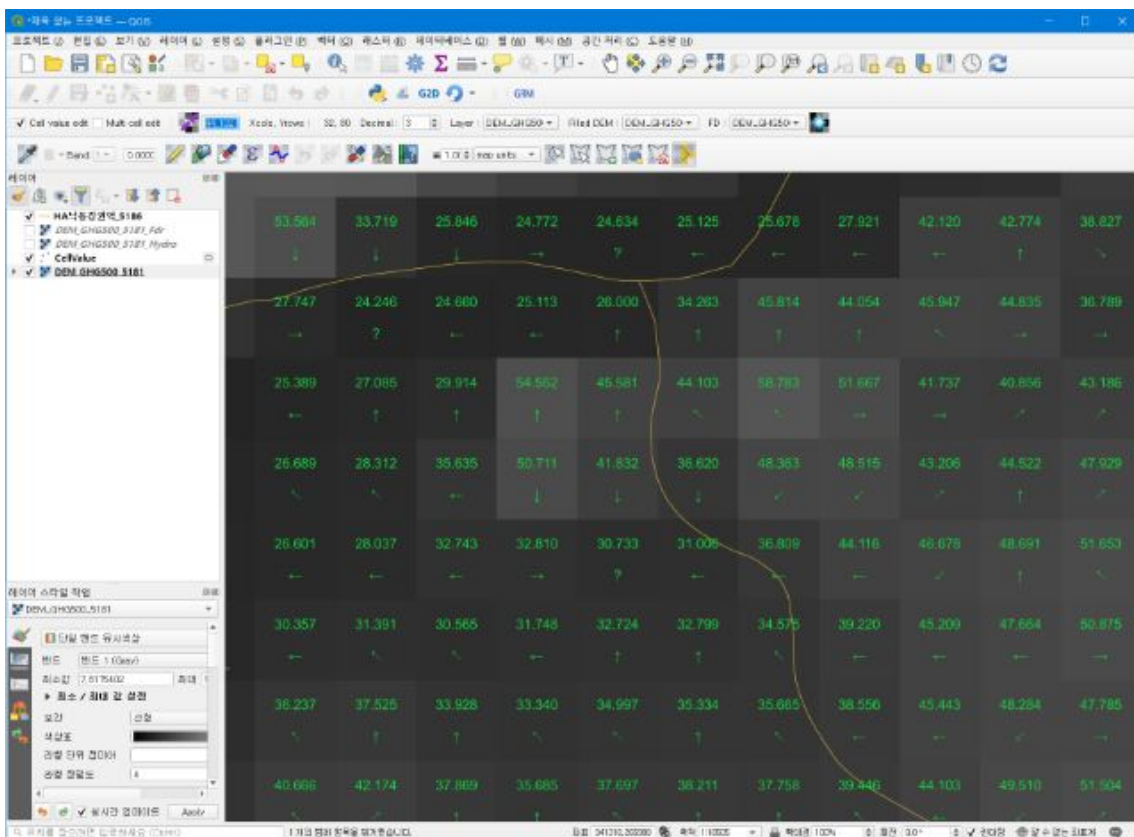
2. CellEditor tool을 이용한 DEM 수정

-  아이콘을 클릭하고 지도창에서 셀을 선택하면, 아이콘 좌측에 선택된 셀의 고도와 위치가 표시됨




- 텍스트 박스에 원하는 값을 입력한 후 Enter 키를 입력하면, “Layer”에서 선택된 자료(원본 DEM 등) 값이 수정되며, 흐름방향 정보가 아래와 같이 표시됨

* 화살표 위에 있는 값은 “Layer”에서 선택된 자료의 값 (수정된 원본 DEM의 값 등), 화살표는 흐름방향



- 수자원단위지도, 하천망 등과 같은 기준 자료에 맞게 DEM을 반복적으로 수정하고
- 수정된 원본 DEM을 이용하여 FilledDEM, 흐름방향 자료를 다시 생성할 경우에는

 아이콘 실행

