



2022 한국수자원학회 학술발표대회

QGIS-G2D 모델 개발 및 적용사례

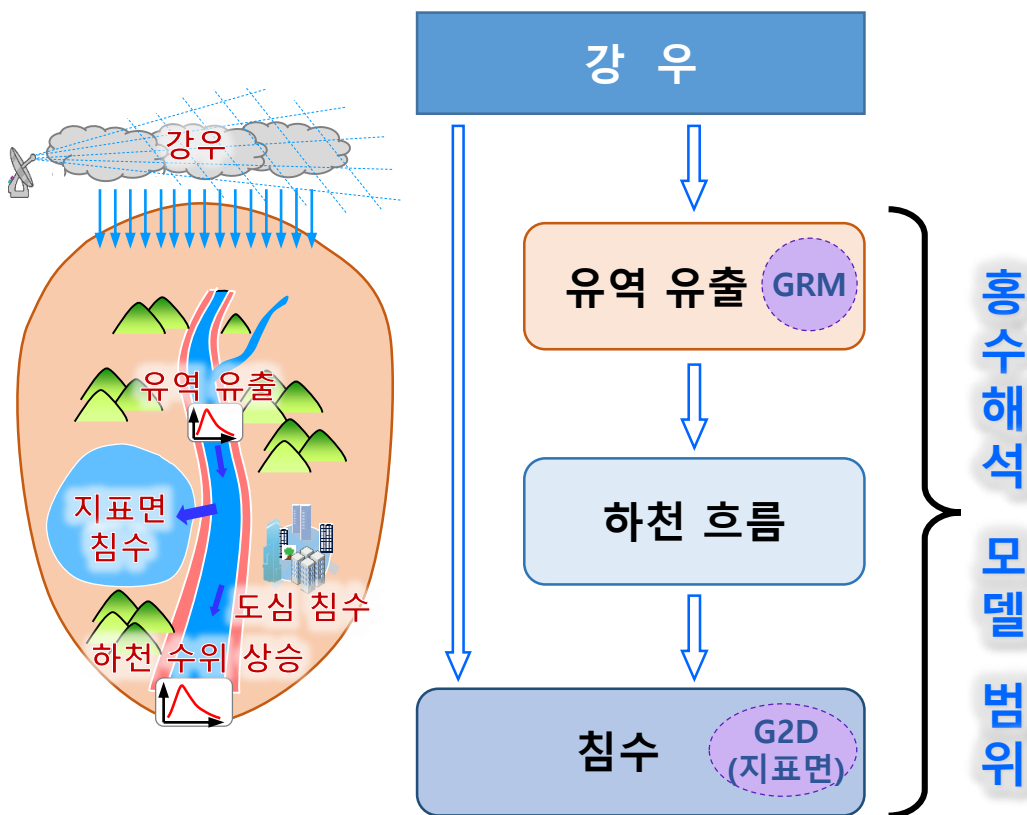
환경부 R&D : 능동형 하천정보 운영을 통한 다차원 하천관리 체계 구축 및 활용기술 개발
(1세부 : 치수사업 의사결정 시스템 및 하천 환경평가관리 적용기술)

DATE_ 2022. 05. 19.

발 표 자_ 최윤석, 김경탁, 김길호
소 속_ 한국건설기술연구원



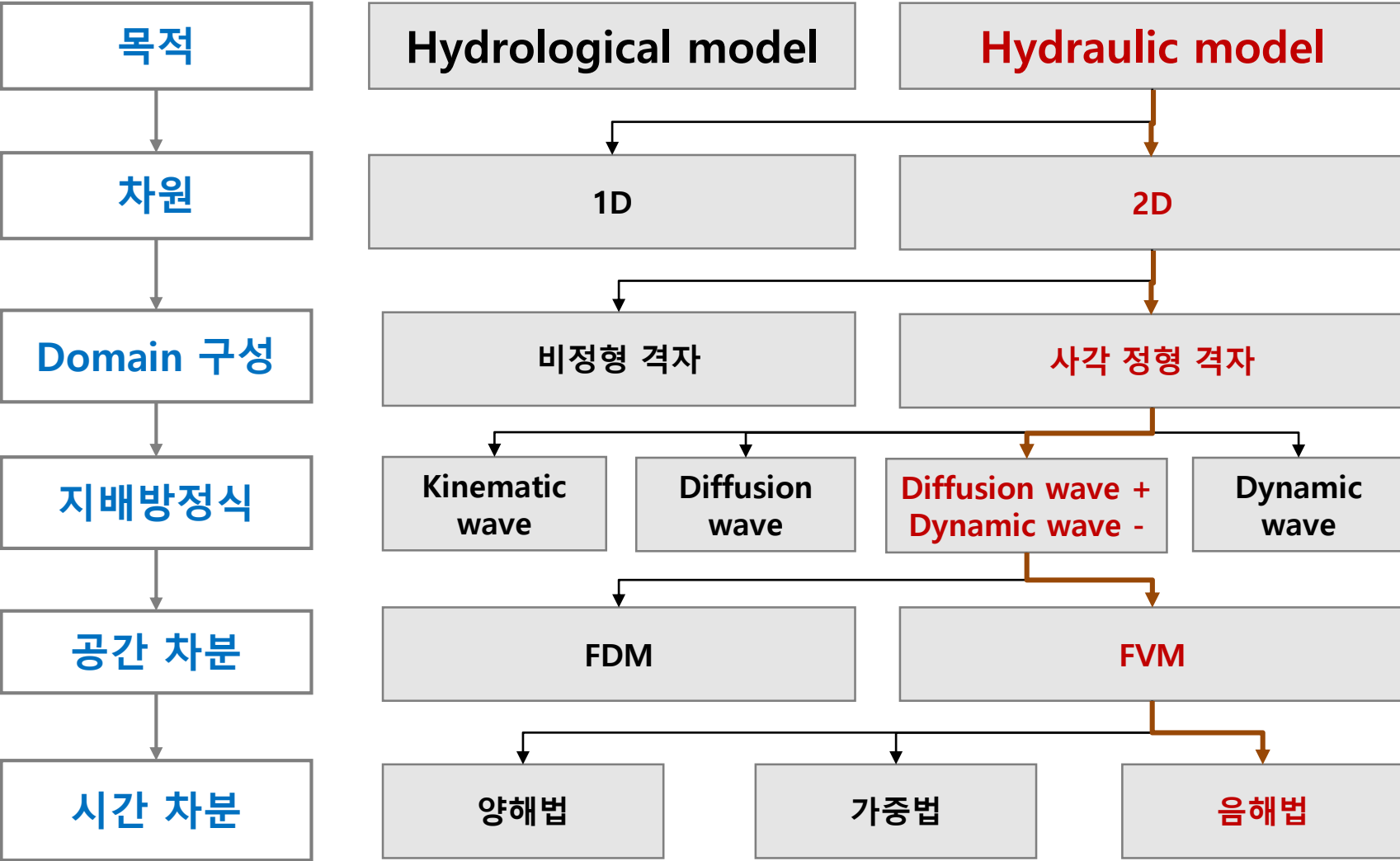
1. 개요 - 일반적인 홍수해석 모델의 범위



- 모의대상
 - 강우의 토양 침투, 증발산, 융설
 - 지표면 흐름, 지표하 흐름, 하천 흐름 (유량, 수심, 유속 등)
- 계산방법
 - 물리적, 경험적, 통계적 방정식 적용
 - 1차원, 2차원 해석
 - 모델링 S/W 개발 및 활용
- 활용분야
 - 홍수예보
 - 홍수 후 상황, 수문학적 거동 분석
 - 홍수대비·대응 계획 수립



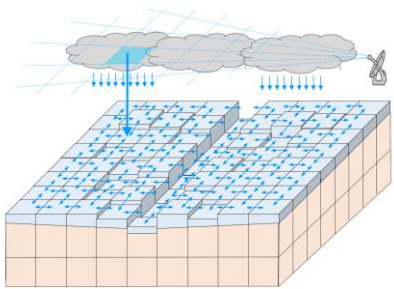
1. 개요 – GRM 모델의 분류



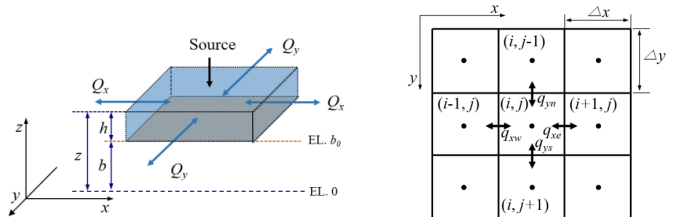
2. G2D 모델



- 모의 대상
 - 지표면 침수 해석 모델(광역 지표면에서의 물의 흐름 해석)
 - 지표면 흐름

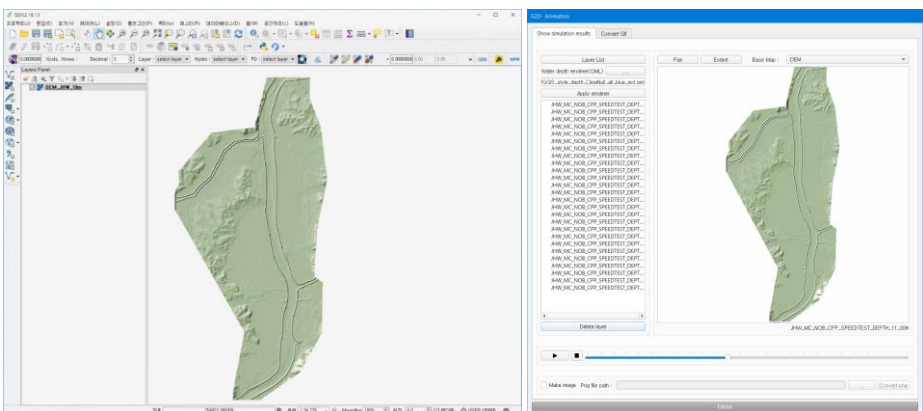


- 계산 방법
 - 주요 방정식 : Diffusion wave + (or Dynamic wave -)
 - 정형 사각 격자 기반 domain 구성
 - 2차원 흐름 해석, FVM, 음해법
 - CPU, GPU 기반 병렬계산



격자 단위 계산 모식도

- 주요 history
 - 2017 : 최초 버전 릴리즈, GitHub 오픈소스로 개발
(<https://github.com/floodmodel/G2D>)
CPU 병렬계산
 - 2019 : QGIS plug in GUI 개발
 - 2021 : GPU 병렬계산



모델링 GUI S/W

2. G2D 모델

지배방정식, 해법

- 2차원, 연속방정식 + 운동량방정식(이송가속도항 무시)
- 연속방정식에서의 Source term : 강우, 유량
- 경계조건 : 수위, 유량

- 연속방정식 :
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = s$$

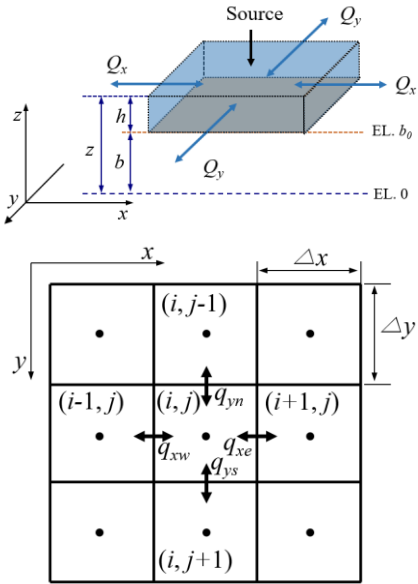
- 운동량방정식 (x-dir.)
$$\frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{gh\partial z}{\partial x} + \frac{gn^2(uh)^2}{h^{7/3}} = 0$$

※ Dynamic wave eq. :
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_b - S_f) = 0$$

- 유한체적법, 음해법 적용
- 계산시간 간격 : Courant-Friedrich-Lewy (CFL) 조건

$$\Delta t \leq \frac{C \times \Delta x}{V}$$

※ von Neumann stability condition 적용 가능
$$\Delta t = \frac{\Delta x^2}{4} \min \left(\frac{2n}{h_f^{5/3}} \left| \frac{\Delta z}{\Delta x} \right|^{1/2}, \frac{2n}{h_f^{5/3}} \left| \frac{\Delta z}{\Delta y} \right|^{1/2} \right)$$



여기서, u : x 방향 유속, v : y 방향 유속, h : 수심,
 t : 시간, $s[LT^{-1}]$: source term, b : 지면표고,
 z : 수위(= $h+b$), g : 중력가속도

여기서, C : Courant number, V : 유속, Δx : 격자 크기



2. G2D 모델

입력자료

자료	형식	용도	필수 여부
DEM 1개	ASCII raster	Domain 설정, 고도, 지면 경사 설정	O
DEM n개	ASCII raster	모의 진행 중에 Domain 변경	X
토지피복도	ASCII raster	지표면 조도계수 설정	X
강우	Text ASCII raster	강우량 설정(source term)	X
유량	Text	유량 (source term)	X
유량, 수심, 수위	Text	경계조건 설정	X
수심	ASCII raster	초기조건 설정	X

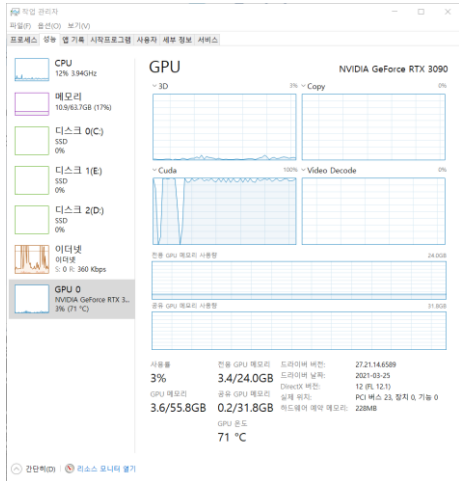
```
<projects xmlns="http://tempuri.org/projects.xsd">
  <ProjectSettings>
    <DEMFile>D:\WG2Dex\WinJusWDomain\WDEM10_JJS_SimA_20220512_JBG_ForCali_5186.asc</DEMFile>
    <LandCoverFile>D:\WG2Dex\WinJusWDomain\WLC10_JJS_SimA_ForCali_Rev01_20210822.asc</LandCoverFile>
    <LandCoverValFile>D:\WG2Dex\WinJusWDomain\WLC10_JJS_SimA_ForCali_Rev01_20210822.VAT</LandCoverValFile>
    <CalculationTimeInterval_sec>0.01</CalculationTimeInterval_sec>
    <IsFixedDT>false</IsFixedDT>
    <MaxDegreeOfParallelismCPU>18</MaxDegreeOfParallelismCPU>
    <UsingGPU>true</UsingGPU>
    <ThreadsPerBlock>512</ThreadsPerBlock>
    <MaxIterationAllCells>7</MaxIterationAllCells>
    <MaxIterationACell>5</MaxIterationACell>
    <SimulationDuration_hr>217</SimulationDuration_hr>
    <PrintoutInterval_min>30</PrintoutInterval_min>
    <StartDateTime>0</StartDateTime>
    <RainfallDataType>TextFileASCGrid</RainfallDataType>
    <RainfallDataFile_min>10</RainfallDataFile_min>
    <RainfallFile>D:\WG2Dex\WinJusWDomain\Rainfall\WRDR_cali_2020_07070000_07160000_D_NGD_Oksan_0707VRF.txt</RainfallFile>
    <InitialRainfallLoss_min>2</InitialRainfallLoss_min>
    <RCDataInterval_min>10</RCDataInterval_min>
    <FloodingCellDepthThresholds_cm>
      <CellLocationsToPrint>1289, 1136 / 1855, 1291 / 2516, 905</CellLocationsToPrint>
    <OutputDepth>false</OutputDepth>
    <OutputPrecision_Depth>4</OutputPrecision_Depth>
    <OutputWaterLevel>true</OutputWaterLevel>
    <OutputPrecision_WaterLevel>4</OutputPrecision_WaterLevel>
    <OutputVelocityMax>false</OutputVelocityMax>
    <OutputPrecision_VelocityMax>3</OutputPrecision_VelocityMax>
    <OutputDischargeMax>false</OutputDischargeMax>
    <OutputPrecision_DischargeMax>2</OutputPrecision_DischargeMax>
    <OutputFdotMax>false</OutputFdotMax>
    <DepthRenderingMax>3.0</DepthRenderingMax>
    <WaterLevelingRenderingMax>200.0</WaterLevelingRenderingMax>
    <VelocityMappingRenderingMax>10.0</VelocityMappingRenderingMax>
    <DischargingRenderingMax>10000.0</DischargingRenderingMax>
    <RfmgRenderingMax>30.0</RfmgRenderingMax>
    <MakeASCII>true</MakeASCII>
    <MakeimgFile>false</MakeimgFile>
    <WriteLog>false</WriteLog>
  </ProjectSettings>
</HydroPgs>
```

<g2p 파일 사례>

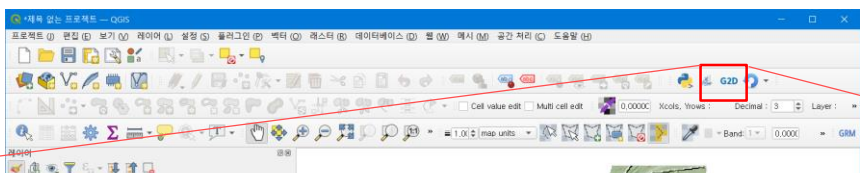
출력자료

자료	형식	설명
수심	ASCII raster	모든 셀 수심
수위	ASCII raster	모든 셀 수위
유속	ASCII raster	셀 별 4방향 중 최대 유속
유량	ASCII raster	셀 별 4방향 중 최대 유량
침수 격자 정보	Text	임의 수심 이상의 셀 개수, 평균 수심
격자 모의결과	Text	임의 격자에서의 모의결과 시계열 자료
기타	Text	모의 진행 과정 log (dt, 런타임, 유효셀 변화, 최대수심 변화 등)

```
명령 프롬프트 - g2d E:\WG2Dex\WinJusWDomainTestRun\20220512_Vbcrf_dem20220512_pc2022...
D:\WG2Dex\G2Dexes\20220414_v2022_MaxFlowDir>g2d E:\WG2Dex\WinJusWDomainTestRun\20220512_Vbcrf_dem20220512_pc2022\JJS_20220512_Vbcrf_dem20220512_pc2022.g2p
G2D v. 2022.4.0. File version : 2022.4.14.
1 CPU(s) installed.
CPU #1.
CPU name : Intel(R) Core(TM) i9-10980XE CPU @ 3.00GHz
Number of CPU cores : 18
Number of logical processors : 36
2 GPU(s) installed.
GPU #1.
GPU name : NVIDIA GeForce RTX 3090
GPU driver version : 30.0.15.1179
GPU #2.
GPU name : Microsoft Remote Display Adapter
GPU driver version : 10.0.19041.1620
E:\WG2Dex\WinJusWDomainTestRun\20220512_Vbcrf_dem20220512_pc2022\JJS_20220512_Vbcrf_dem20220512_pc2022.g2p project was opened.
Parallel : true. Using GPU : true. Threads per block : 512
i65(all cells) max : 7, iNR(a cell) max : 5, tolerance : 0.000010
Reading DEM file...
Reading DEM file completed.
Reading land cover file...
Reading land cover file completed.
Setting up domain data...
Setting up domain data completed.
Setting up control volume...
Setting up control volume completed.
E:\WG2Dex\WinJusWDomainTestRun\20220512_Vbcrf_dem20220512_pc2022\JJS_20220512_Vbcrf_dem20220512_pc2022.g2p -> Model setup was completed.
The number of effective cells : 13243076
Simulation using GPU was started.
Current progress(main): 420/900(46%)...
```



2. G2D 모델



Domain DEM
파일 설정

토지피복,
조도계수
설정

매개변수
설정

모의
환경변수
설정

경계조건 설정

강우자료
설정

출력 옵션
선택

Domain DEM
파일 변경 설정

모의 실행, 모의 결과 후처리 과정

Project Settings

Domain

DEM file : C:\WG2D\SampleData\domain\WDEM_JHW_10m.asc

Roughness coefficient

Land cover file : C:\WG2D\SampleData\domain\WLC_JHW_Virtu

LC VAT file : C:\WG2D\SampleData\domain\WLC_JHW_Virtu

Constant value Roughness coeff. : 0.03

Hydraulic parameters

Initial condition : Depth 0

Froude N, criteria : 1

Courant N, criteria : 0.6

Apply VNC

Bed slope to domain out : 0.001

Simulation settings

FixedDT

Starting calculation time interval(sec) : 0.010

Max, degree of parallelism : 18

Using GPU

Threads per block : 512

Max, iter, on All cells : 7

A cell : 5

Simulation duration(hour) : 25

Starting time : 2000-01-01 오전 12:00

Change DEM file

DEM file

Time(min) : 0

Apply

Time (min)	DEMFile
1 600	C:\WG2D\SampleData\domain\WDEM_JHW_10m_BP1.asc

Remove

Boundary conditions

Boundary condition data time step (min) : 60

Type	Boundary condition file	Cell position (ex
1 Discharge	C:\WG2D\SampleData\BCdata\jhw_main_discharge_cms_dt60min.txt	162, 778/163, 778/164,778/
2 Discharge	C:\WG2D\SampleData\BCdata\jhw_Oh_discharge_cms_dt60min.txt	340,485/341,486/342,487
3 Discharge	C:\WG2D\SampleData\BCdata\jhw_Sul_discharge_cms_dt60min.txt	1,294 / 1,295 / 1,296

Add Remove

+ Row and column numbers are started from left-top corner cell with (0,0).

Rainfall

Rainfall data type : TextFileMAP

Rainfall Interval (min) : 10

Initial rainfall loss (mm) : 0

Rainfall file :

Output options

Output time step(min) : 60

Flooding cell depth thresholds(cm) : 10,20,50

Cell locations to print : 179,762 / 263,641 / 22, 289

Make ASCII file

Water depth

Water level

Max, velocity

Max, discharge

Max, velocity direction

Renderer max value : 3.00

Renderer max value : 200.00

Renderer max value : 10.00

Renderer max value : 10000.00

Output precision : 5

Output precision : 5

Output precision : 5

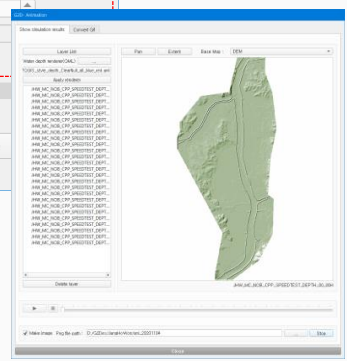
Output precision : 2

Simulation and show results

Save / Start simulation

Show results

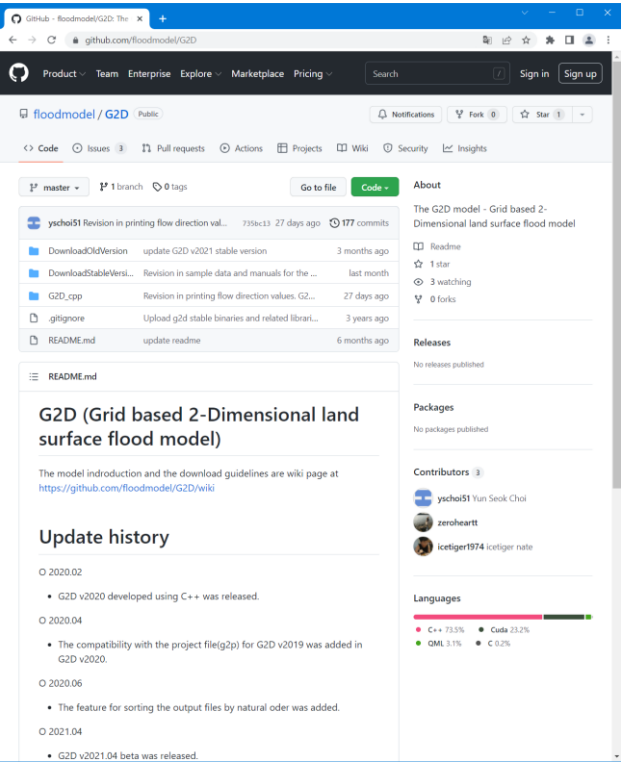
Close



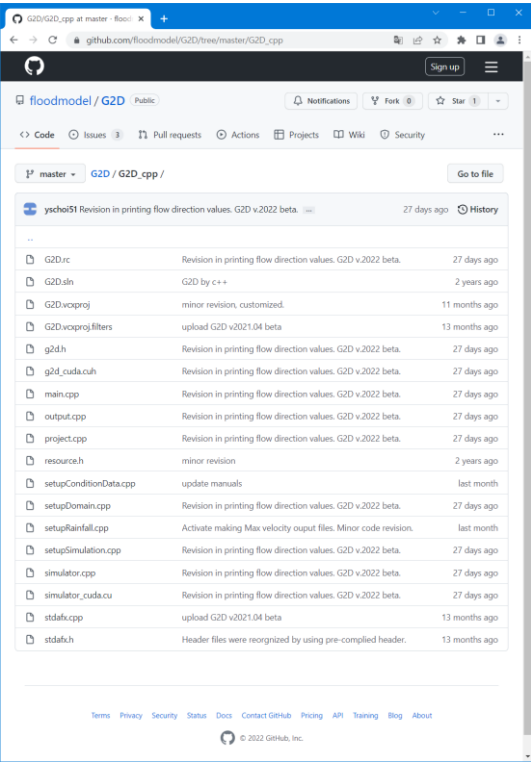
2. G2D 모델



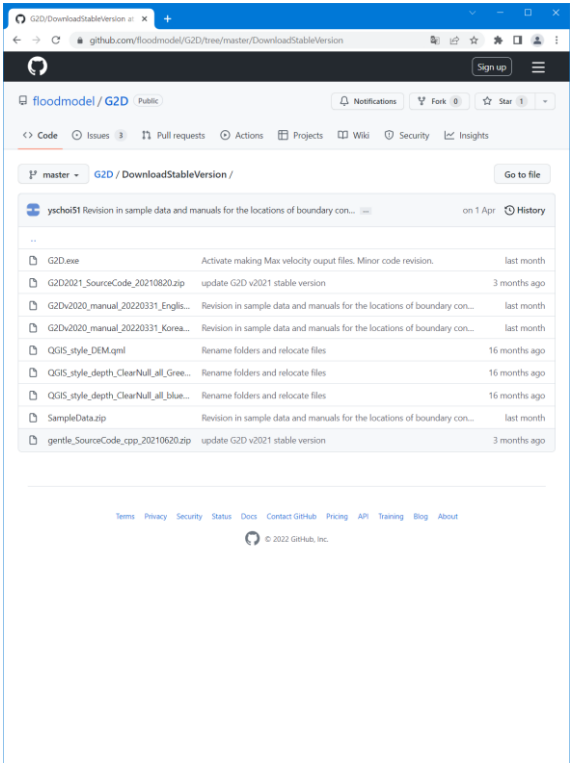
G2D Open source S/W (https://github.com/floodmodel/G2D)



G2D repository



소스코드



실행파일, 매뉴얼, 샘플 데이터



2. G2D 모델

활용절차

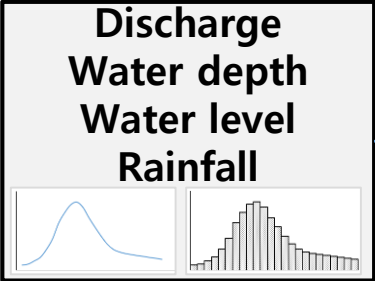
Prepare model input data

- QGIS
- Cell Value Edit plug-in
- Multi-Cell Value Edit plug-in

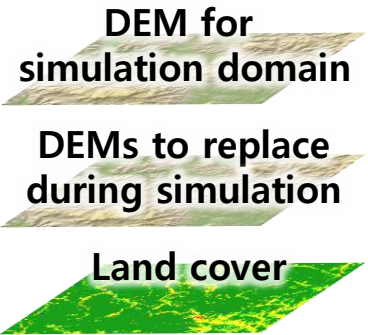
Make model project file(.g2p)

- QGIS-G2D
- Text editor

Original data

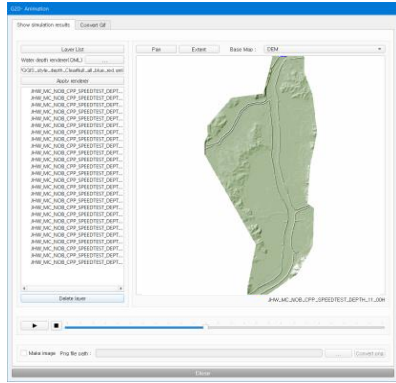
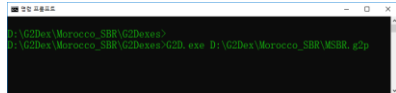


G2D input data



Initial condition
Boundary condition
Source term

Run G2D

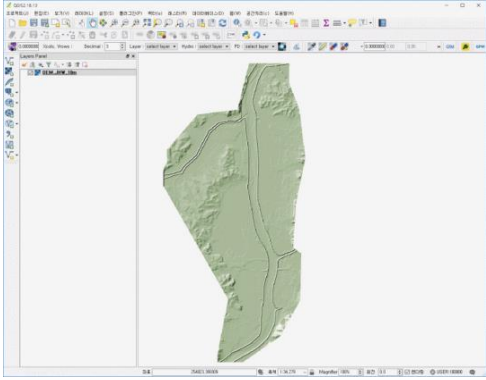
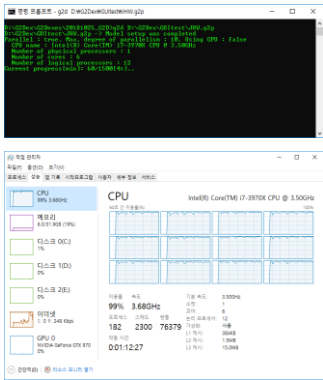


2. G2D 모델

S/W 관점에서의 고찰 (모델 개발 / 보급 확대 → 실무 활용 확대)

2017 ~ 2018

- C#, 첫번째 버전 릴리즈
- CPU 병렬계산
- OSS로 개발 (<https://github.com/floodmodel/G2D>)
- Console exe로 개발, OSS QGIS(2.18.x) Plug-in GUI 개발
→ 모델과 GIS를 interface 방법으로 연계



2019 ~ 현재

- 안정성, 속도 향상
- QGIS 3.x 적용
- (기존) C# → ('20) C++ (속도 향상)
- ('21) GPU 병렬계산 (속도 향상)

< G2D.exe >

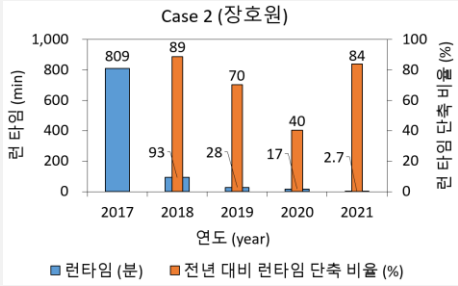
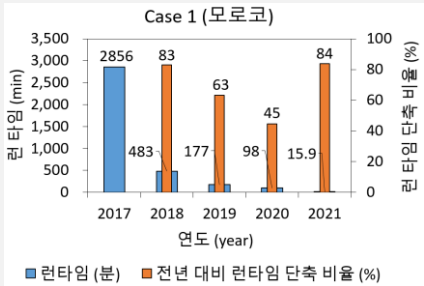
< QGIS plug-in GUI >

○ 런타임 평가 조건

- OS : Windows10 Pro. 20H2 64bit,
- CPU : Intel Core i9-7900X, 3.3GHz, **10 Core 20 Threads**
- GPU : NVIDIA GeForce RTX 3090, **10,496 CUDA cores**,
Mem. 24 GB, **MBW 936.2 GB/s**

지역	격자크기 / 유효셀 개수	모의 기간
장호원	10m x 10m / 182,253개	1일
모로코	100m x 100m / 364,795개	20일

• 연차별 런타임 평가



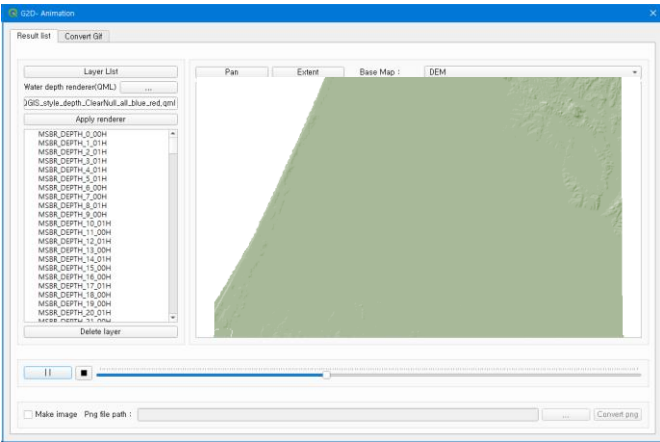
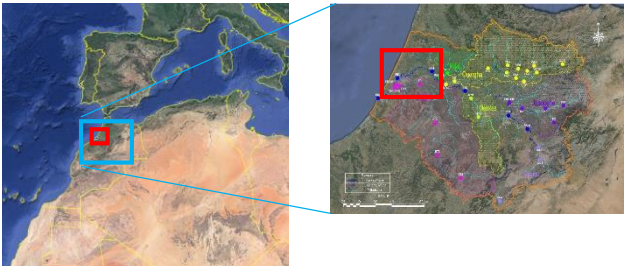
• GPU 가속 런타임 단축 효과 (조건에 따라 가변적)

- CPU serial 대비 약 39 ~ 72 배 단축
- CPU parallel 대비 약 6 ~ 8 배 단축

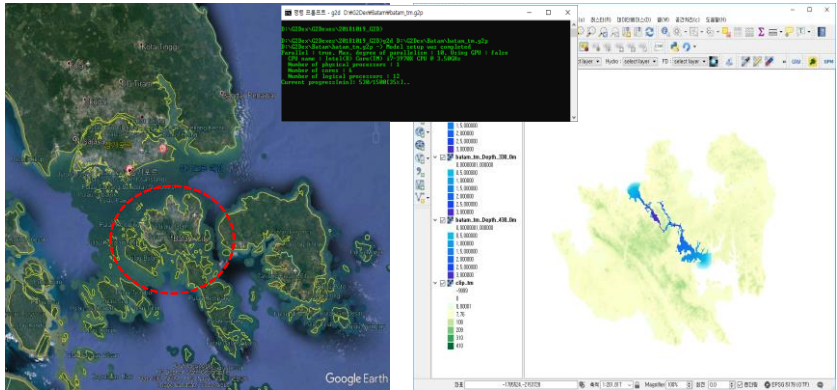
3. 적용사례

해외 지역 침수모의

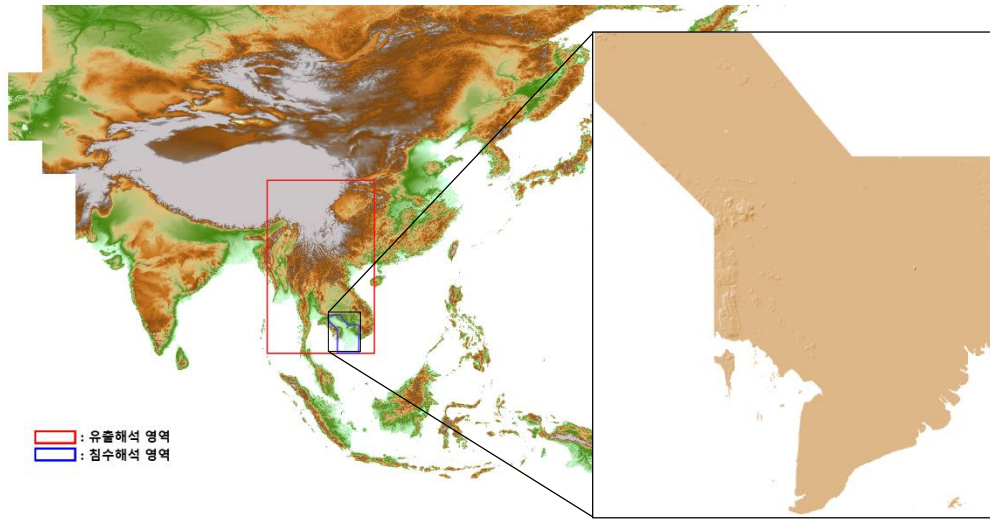
- 글로벌 지형자료 : HydroSHEDs DEM, HWSD 토양도, Global Map 토지피복도
- 위성강우 자료 적용
- GRM 유출모의 → 경계조건 설정



< 모로코 Sebou 강 하류 침수모의 >



< 인도네시아 Batam 섬 침수모의 >



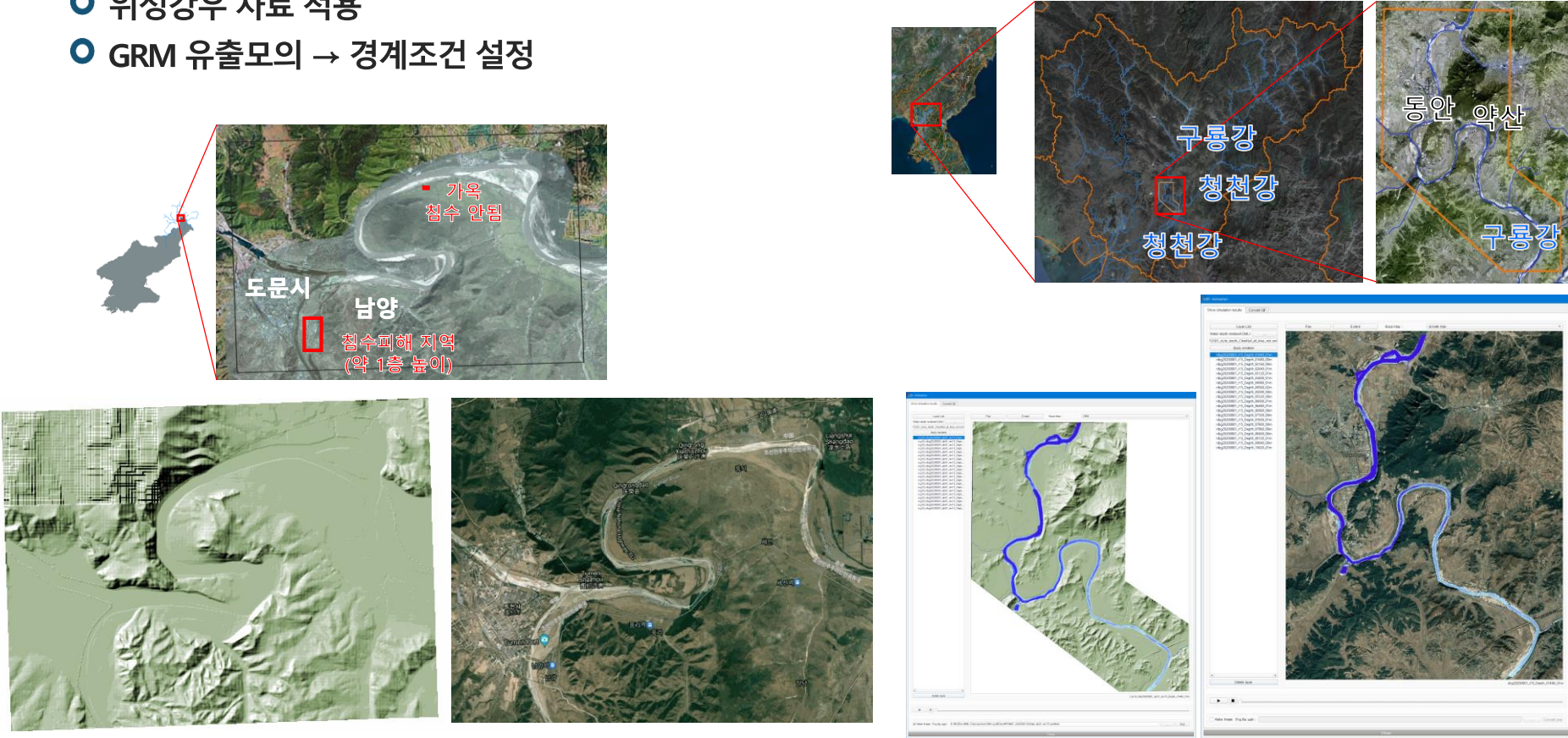
< 메콩강 하류 지역 침수모의 >



3. 적용사례

북한 지역 침수모의

- DEM : 한반도, 중국, 러시아 지역 자료 병합 (국토지리정보원 DEM, SRTM DEM)
- 위성강우 자료 적용
- GRM 유출모의 → 경계조건 설정



< 2016 태풍 라이언록, 두만강 도문시-남양노동자구 인근 침수모의>

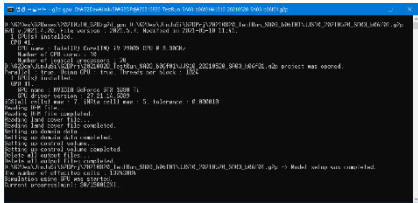
< 2020년 8월 장마, 영(녕)변군 침수모의>

3. 적용사례

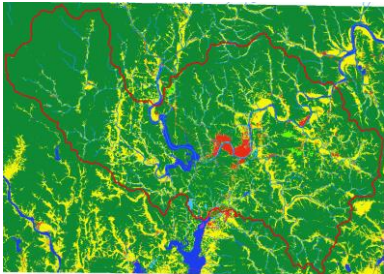


광역 고해상도 침수모의 (진주시, 진행 중)

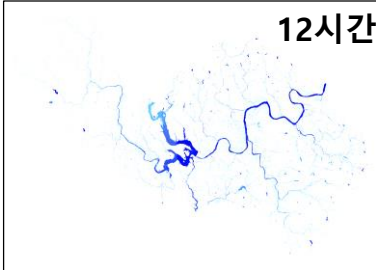
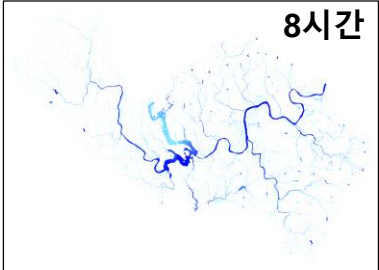
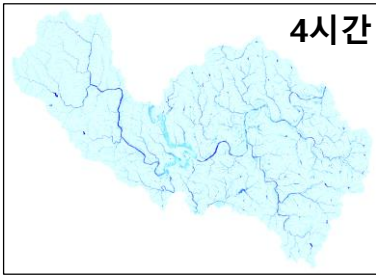
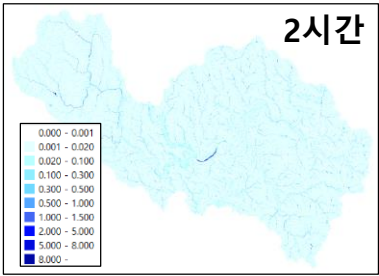
- 진주시 포함 유역 고해상도(10m X 10m) 침수모의 (강우 시나리오에 의한 진주시 도로침수 위험지역 평가)
- 모델 구축 범위 : 진주시와 진주시로 유입되는 지류 유역을 포함한 영역(유효 셀 개수 : 13,243,084개)



<DEM>



<토지피복도> 13



<시험 모의 사례, 6시간 가상 강우 적용>

감 사 합 니 다 .



○ 감사의 글

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 물관리연구사업의 지원을 받아 연구되었습니다.
(21AWMP-B121100-06)

○ 주요 관련 과제

- AI 기반 경남지역맞춤형 도로침수 실시간 예측·감시 및 운영기술 개발(한국건설기술연구원, '21~'23)
- 능동형 하천정보 운영을 통한 다차원 하천관리 체계 구축 및 활용기술 개발 (한국환경산업기술원, '16~'23)
- 위성자료를 이용한 북한 홍수범람 분석기술 개발 (한국건설기술연구원, '18~'20)
- SRA기반 광역·지역 홍수재해 평가 및 예측 기술 개발 (한국환경산업기술원, '14~'20)