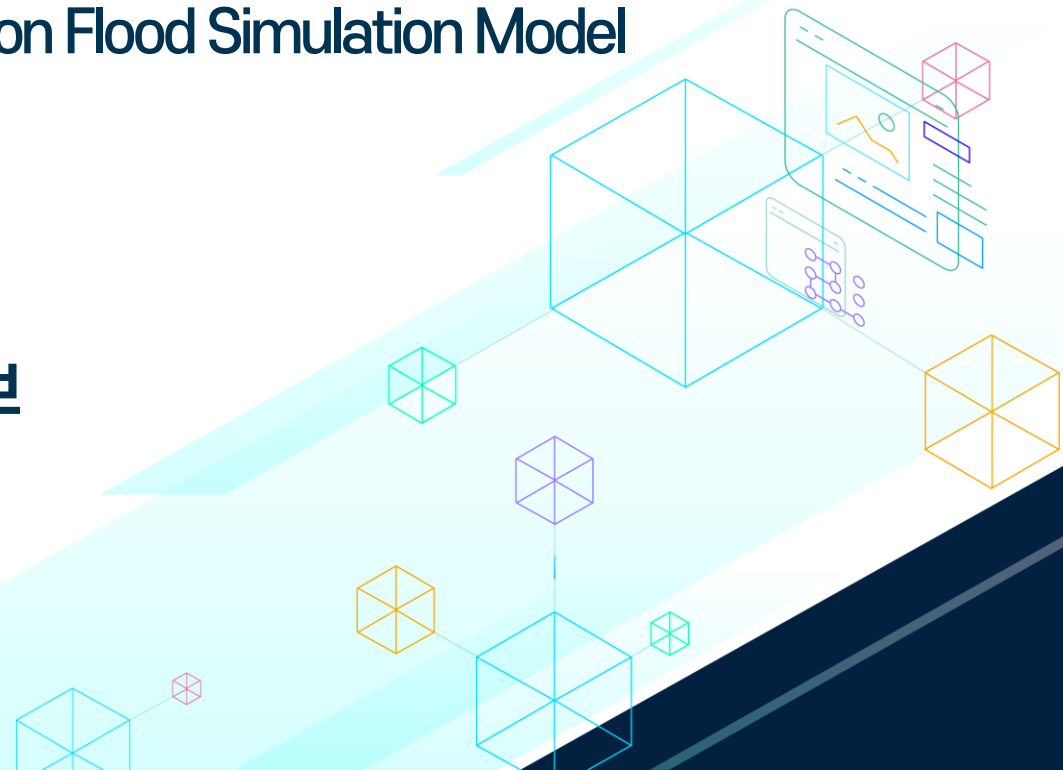


# 고해상도 홍수 시뮬레이션 모델의 개발 과정과 활용 현황

The Development and Application of High Resolution Flood Simulation Model

최윤석

한국건설기술연구원 수자원하천연구본부



# CONTENTS

- 01 개요
- 02 GRM 모델, 개발 과정, 활용 현황
- 03 G2D 모델, 개발 과정, 활용 현황
- 04 오픈소스 기반 소프트웨어 개발 및 관리

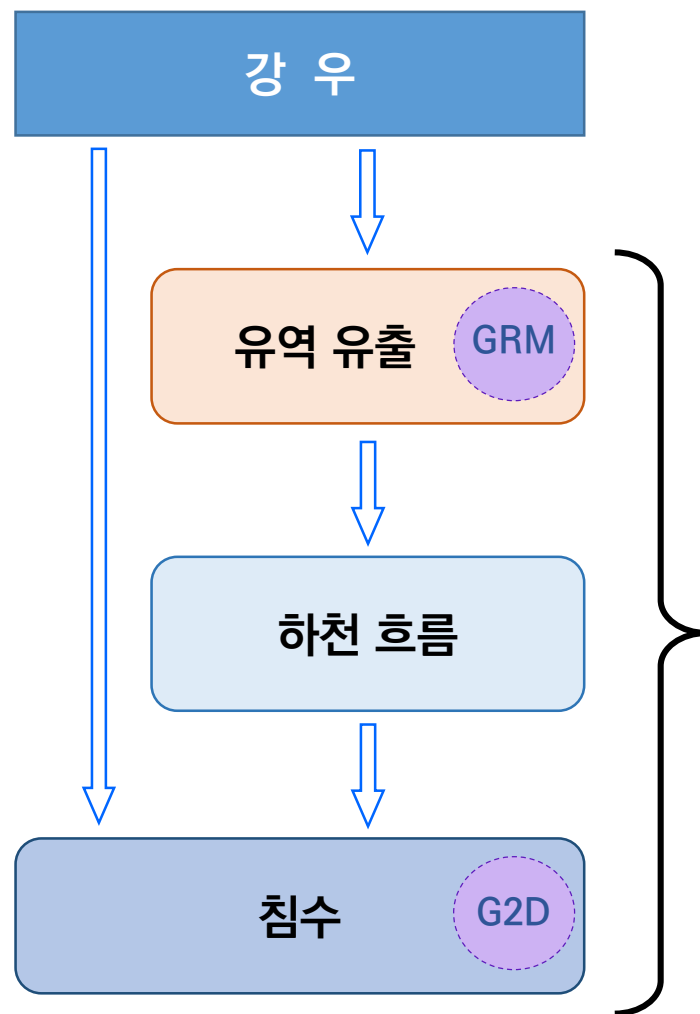
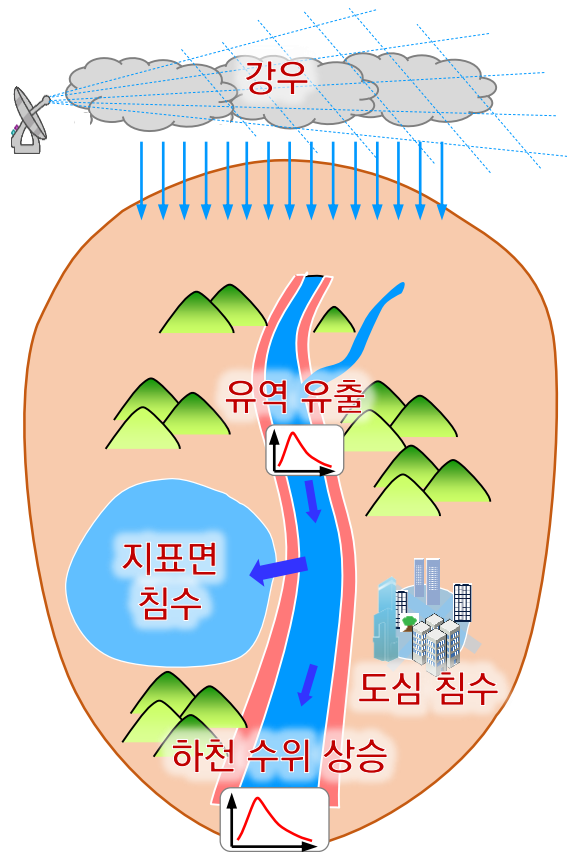




# 01

## 개요

# 개요 – 일반적인 홍수해석 모델의 범위



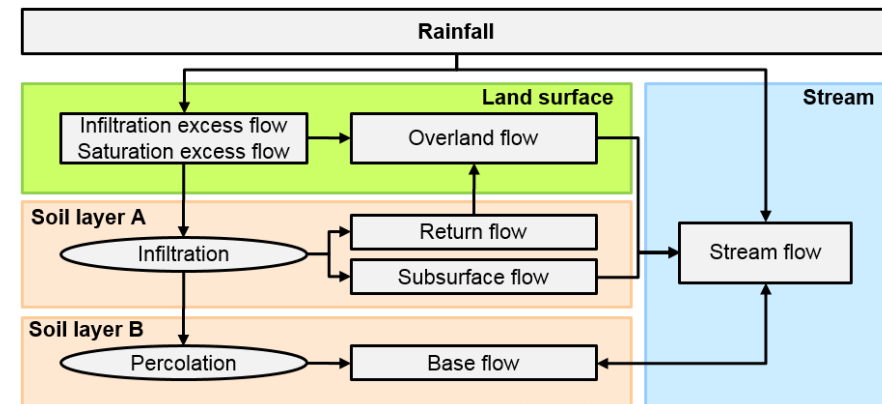
- 모의대상
  - 강우의 토양 침투, 증발산, 융설
  - 지표면 흐름, 지표하 흐름, 하천 흐름 (유량, 수심, 유속 등)
- 계산방법
  - 물리적, 경험적, 통계적 방정식 적용
  - 1차원, 2차원 해석
  - 모델링 S/W 개발 및 활용
- 활용분야
  - 홍수예보
  - 홍수 후 상황, 수문학적 거동 분석
  - 홍수대비·대응 계획 수립



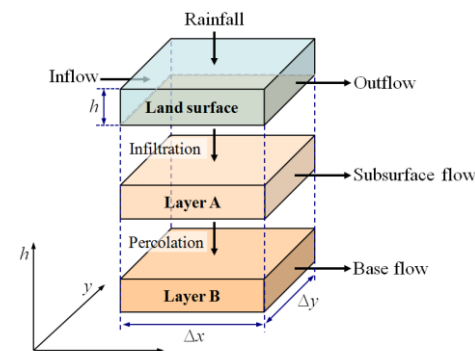
# 02

## GRM 모델, 개발 과정, 활용 현황

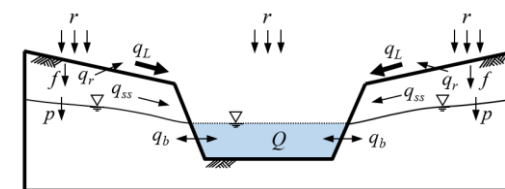
- 모의 대상
  - 유역 유출 해석 모델(유역에서 하천으로 유입되는 유량 계산)
  - 침투, 침누, 지표하 유출, 기저유출, 지표면 흐름, 하천 흐름, 저수지
- 계산 방법
  - 주요 방정식 : Kinematic wave eq., Green-Ampt eq.
  - 격자 기반의 분포형 모형(→ 고해상도 홍수모의)
  - 1차원 흐름 해석
  - CPU 기반 병렬계산
- 주요 history
  - 2008 : 최초 버전 릴리즈
  - 2014 : Free S/W로 전환
  - 2017 : GitHub 오픈소스로 전환(<https://github.com/floodmodel/GRM>)
  - 홍수모의 분야 WMO 대표 모형 중 하나로 채택
  - '17~ 현재 : 국가홍수예보시스템 구축 연구사업 진행 중



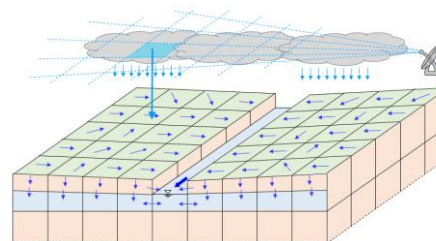
대상 수문 성분 연계도



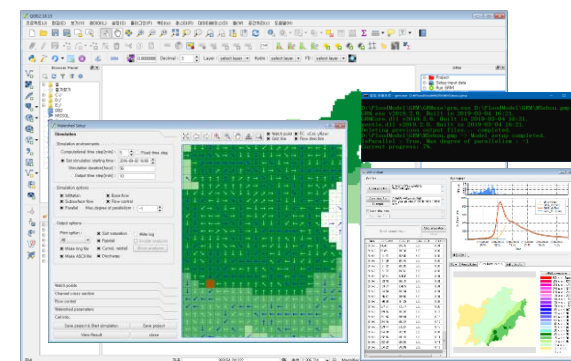
수직층별 유출 모식도



하천 횡단면 유출 모식도



격자 단위 계산 모식도



모델 S/W

## 02

## GRM 모델 개발 과정

2007-2012

- Visual Basic .NET, 2008년 첫번째 버전 릴리즈
- 상용 S/W로 배포, HyGIS plug-in 으로 실행
- GIS에 embedded된 모델 (tight coupling)로 개발



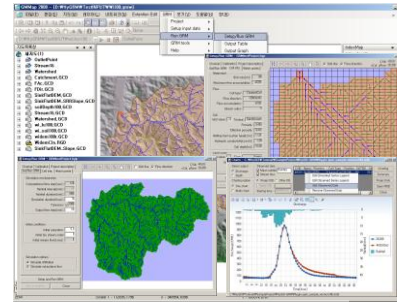
2013 ~ 2016

- Free S/W로 배포, Microsoft TFS 활용 팀 개발
- Open source S/W (OSS) MapWindow GIS의 plug-in 으로 실행

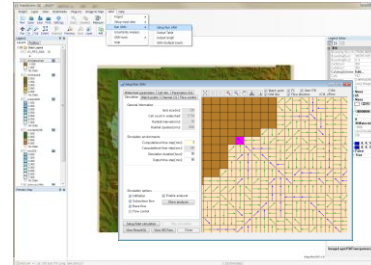


2017 ~ 현재

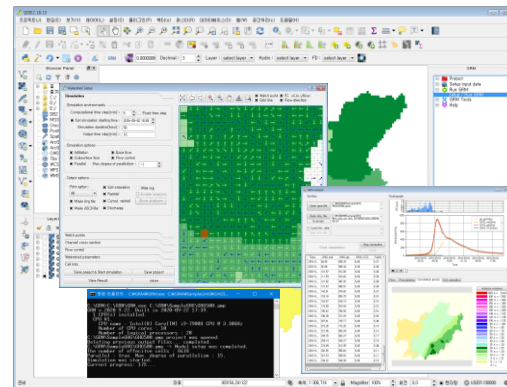
- 오픈소스 S/W로 전환 (<http://github.com/floodmodel/GRM>)
- 모델에서 GIS와 GUI 분리, OSS QGIS(2.18.x, 3.x) 연계 (interface GUI 개발)
- CPU 병렬계산 기법 → 홍수예보 실무 적용을 위한 고해상도 고속 모델링
- 언어 변경 : VB .NET → ('17) C# (.NET Core, Linux)  
→ ('20) C++ (Linux, 속도 향상)



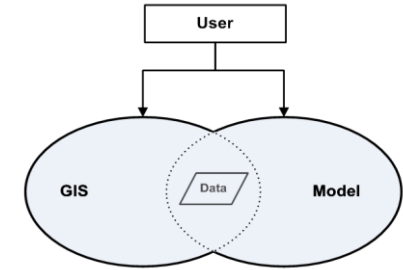
〈GRM.dll + HyGIS〉



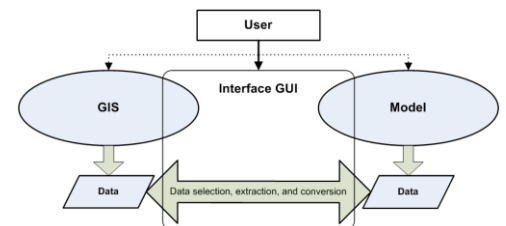
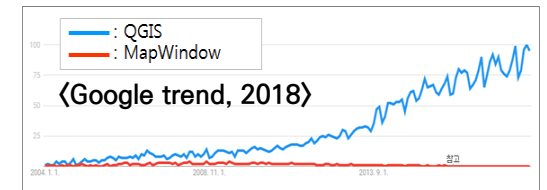
〈GRM.dll + MapWindow〉



〈GRM.exe + QGIS〉



〈 Integration, tight coupling 〉



〈 Interface, loose coupling 〉

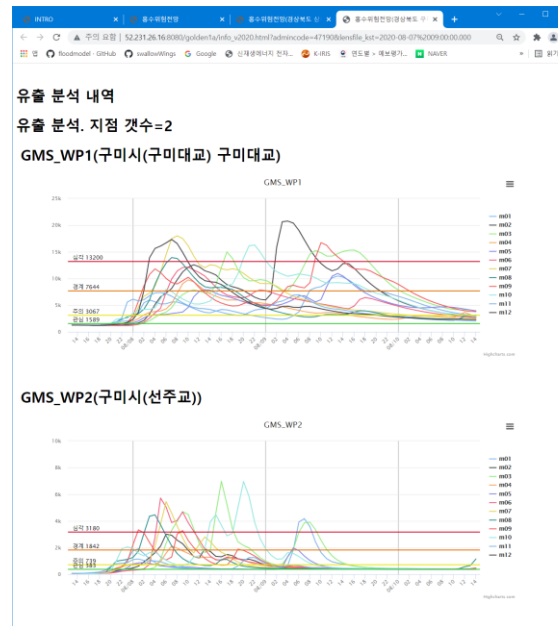
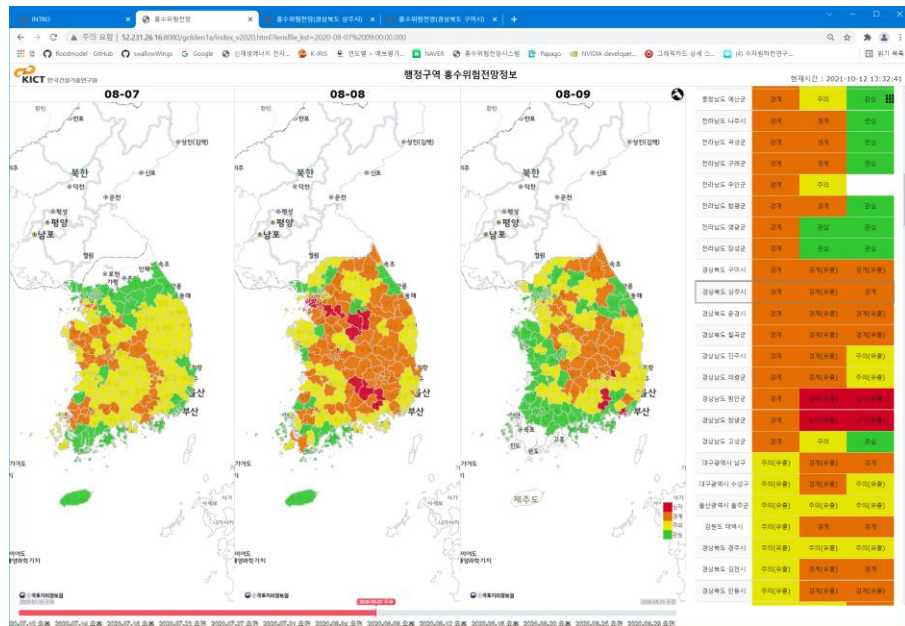




# GRM 모델 활용 현황

● **양상불 강우자료를 이용한 홍수위험 판단**

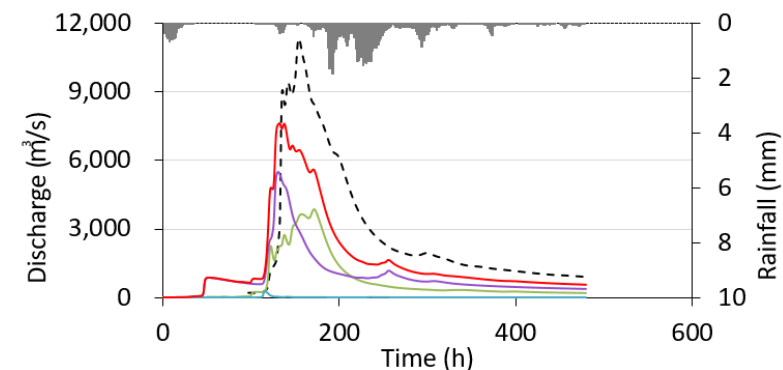
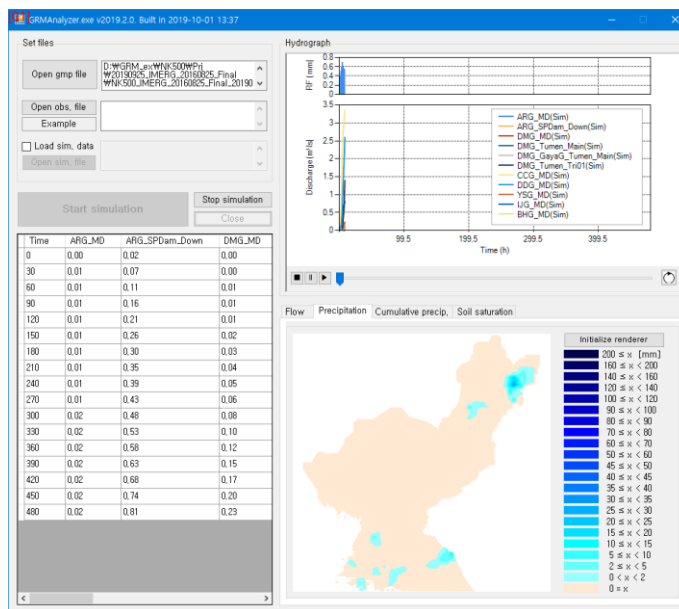
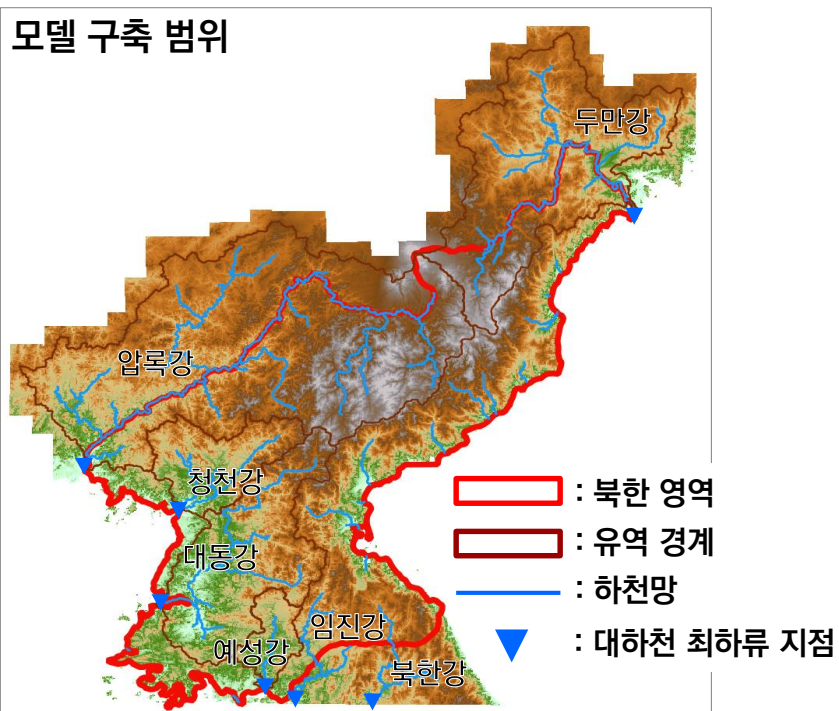
- 기상청 앙상블 강우자료를 이용한 홍수위험전망 정보 생산
- 500m X 500m 해상도로 전국 GRM 모델 구축
- 12개 강우 자료 다발을 이용해서 GRM 모델 실행 후 하천 유량과 강우량에 의한 전국 행정구역별 홍수위험전망 시스템 구축(진행 중)



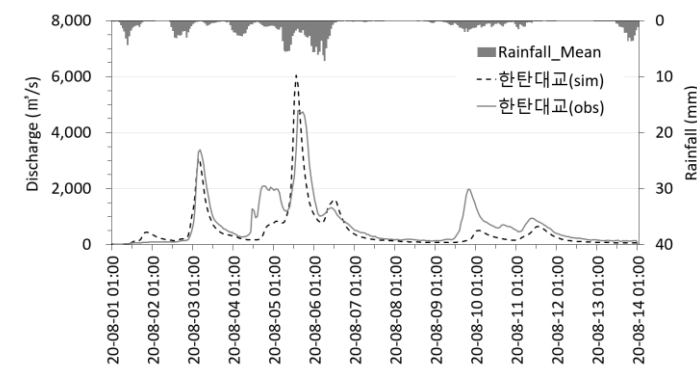
## ● 북한지역 홍수 유출 모델 구축

- 북한 지역 전체에 대해서 홍수 유출 해석 모델 구축
- 목적 : 북한 지역에 홍수 발생시에 신속하게 홍수량 산정 → 산정된 홍수량을 침수 모의에 적용  
(분포형 유출 모형을 적용함으로써 모의 영역 임의 지점에서 유출량 산정 가능)
- 공간자료 : 북한, 중국, 러시아 지역 자료 병합, 공간해상도 500m × 500m
- 유출 해석 범위 : 북한 전역, 중국과 러시아 지역 중 압록강 유역과 두만강 유역이 포함된 영역

모델 구축 범위



〈 2016년 태풍 라이언록 모의, 두만강〉



〈 2020년 8월 홍수 모의, 한탄강〉



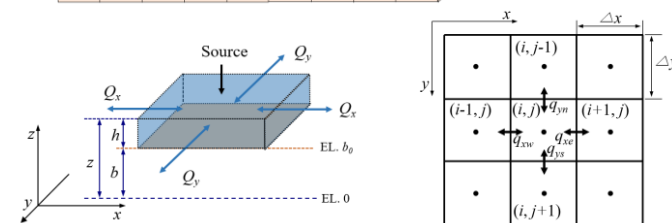
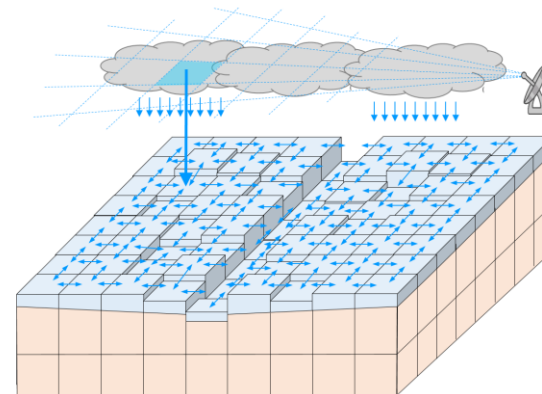
# 03

## G2D 모델, 개발 과정, 활용 현황

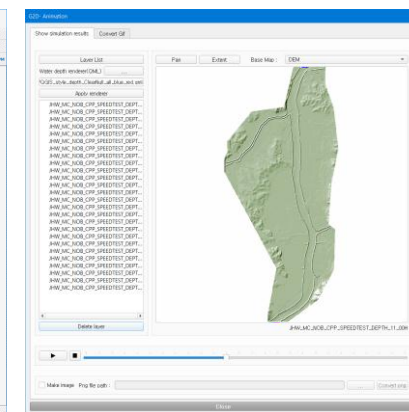
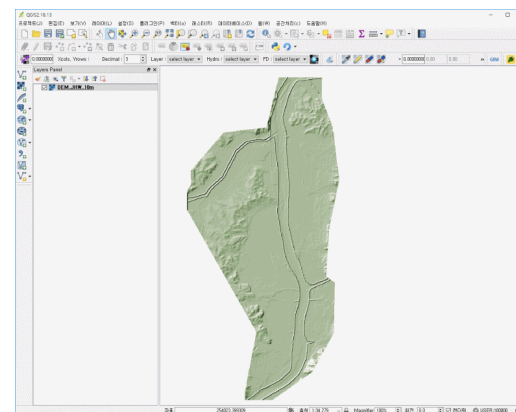
# 03

## 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
- 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



격자 단위 계산 모식도



모델 S/W

# 03

## G2D 모델 개발 과정

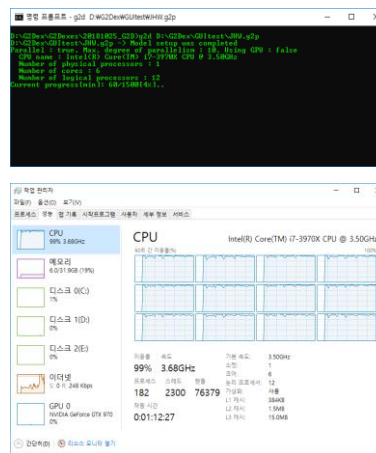
2017 ~ 2018

- 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

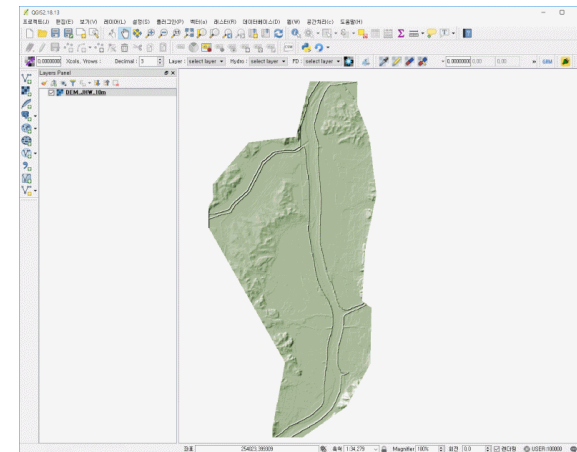


2019 ~ 현재

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

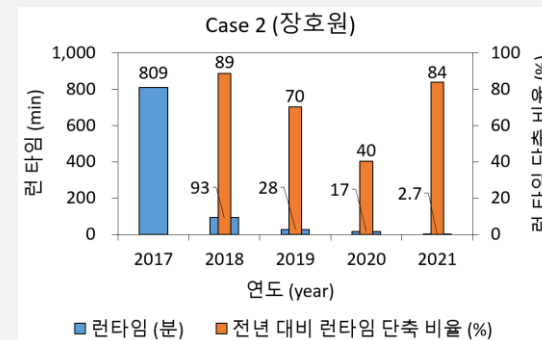
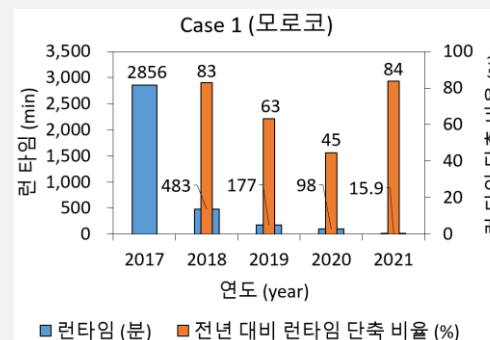


< G2D.exe >



< QGIS plug-in GUI >

### 연차별 런타임 평가



- GPU 가속 런타임 단축 효과 (테스트 장비, 대상 지역 등에 따라 가변적)
  - CPU serial 대비 약 39 ~ 72 배 런타임 단축
  - CPU parallel 대비 약 6 ~ 8 배 런타임 단축

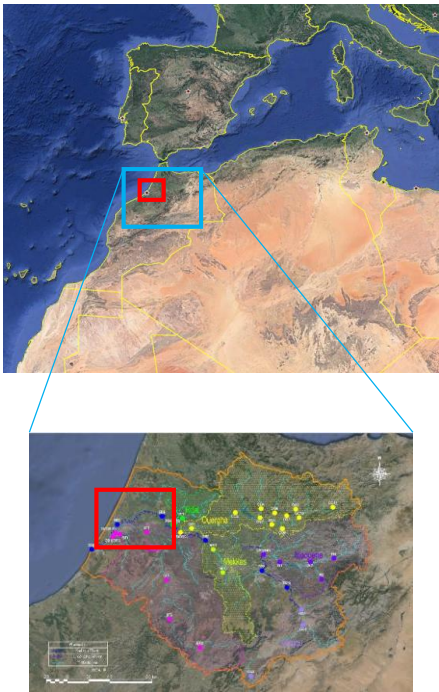


# 03

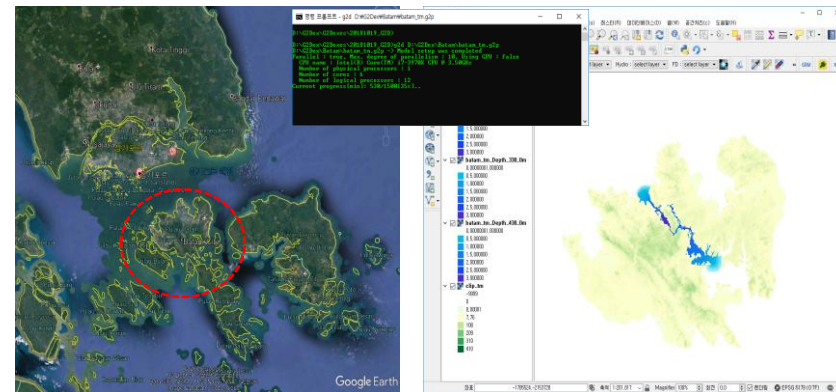
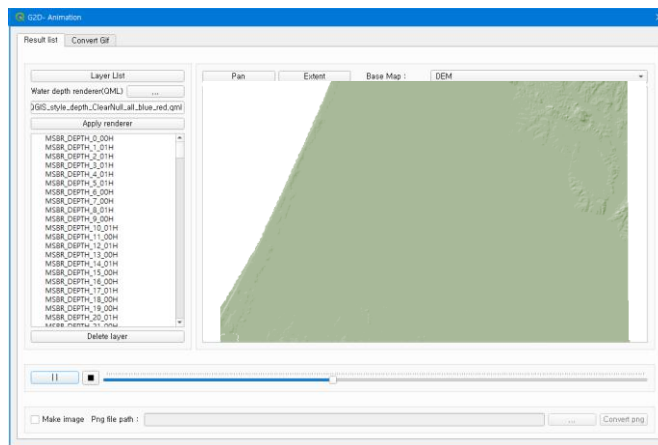
## G2D 모델 활용 현황

### ● 해외 지역 침수모의

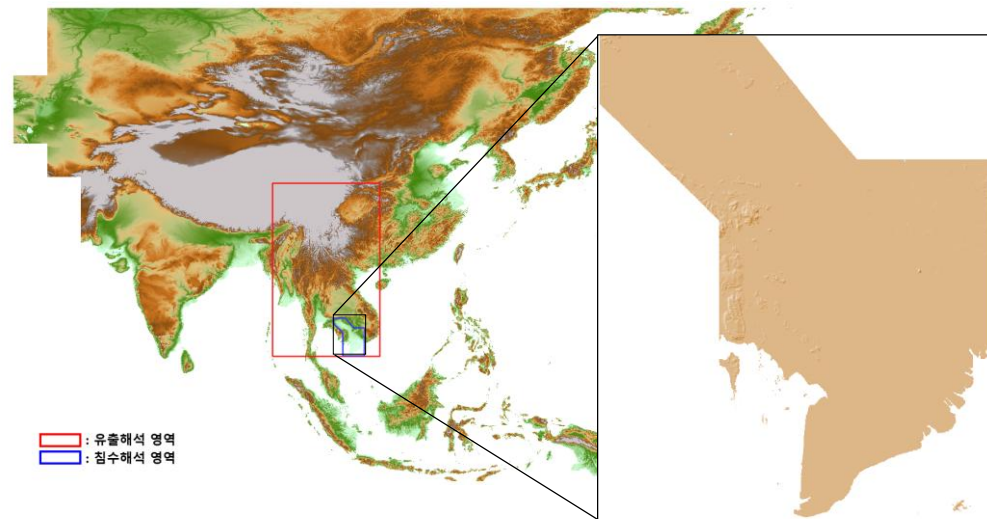
- 글로벌 지형자료 : HydroSHEDs DEM, HWSD 토양도, Global Map 토지피복도
- 위성강우 자료 적용



〈 모로코 Sebou 강 하류 침수모의 〉



〈 인도네시아 Batam 섬 침수모의 〉



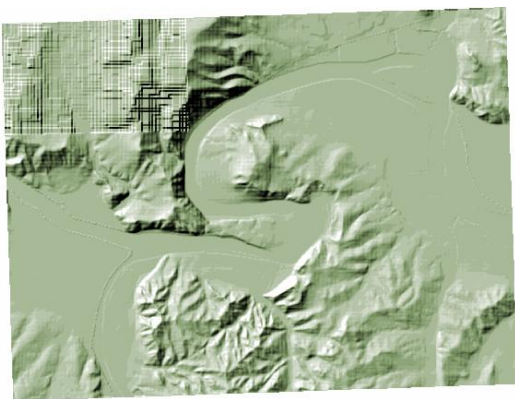
〈 메콩강 유출모의, 하류 지역 침수모의 〉

# 03

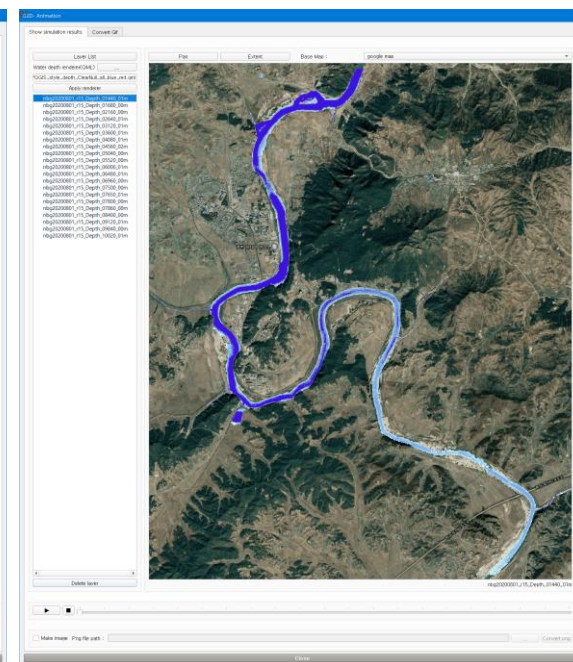
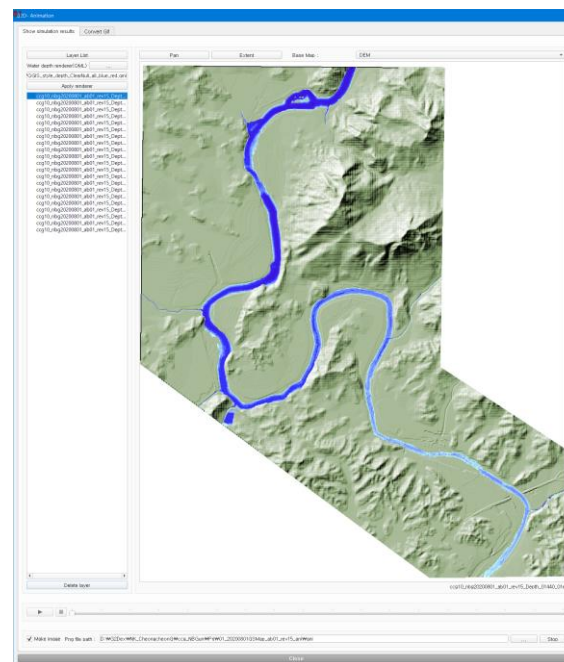
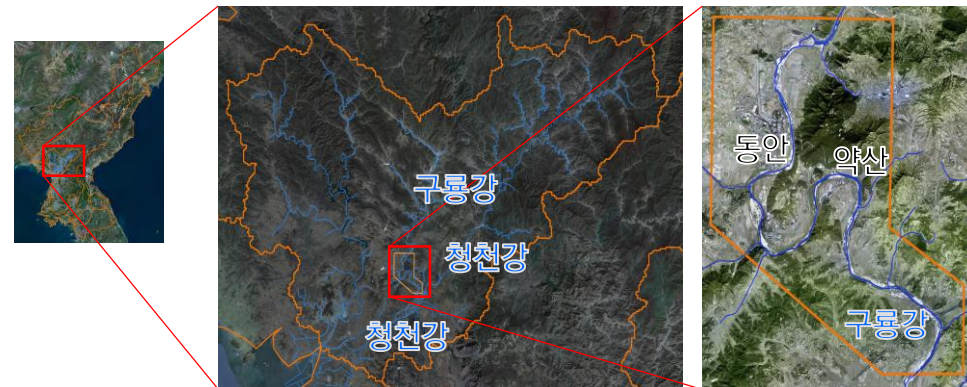
## G2D 모델 활용 현황

### ● 북한 지역 침수모의

- DEM : 한반도, 중국, 러시아 지역 자료 병합 (국토지리정보원 DEM, SRTM DEM)
- 위성강우 자료 적용



〈 2016 태풍 라이언록, 두만강 도문시-남양노동자구 인근 침수모의〉



〈 2020년 8월 장마, 영(녕)변군 침수모의〉

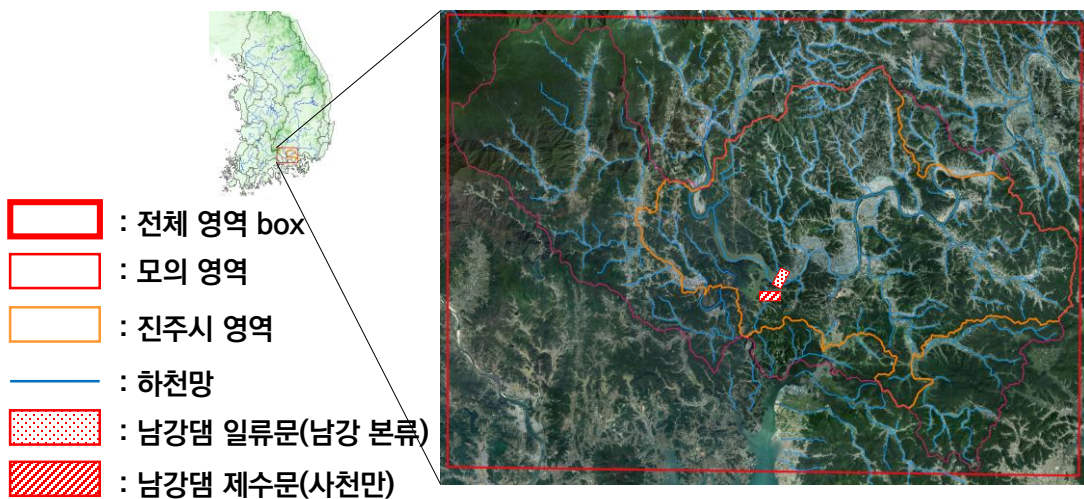


# 03

## G2D 모델 활용 현황

### ● 진주시 광역 고해상도 침수모의 (진행 중)

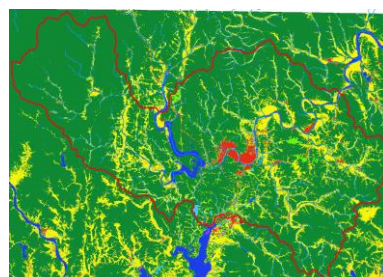
- 진주시 포함 유역 고해상도(10m X 10m) 격자 기반 침수모의 → 강우 시나리오에 의한 대상 지역 전체에서의 침수 위험지역 평가
- 모델 구축 범위 : 진주시와 진수지로 유입되는 지류 유역을 포함한 영역(유효 셀 개수 : 13,243,084개)



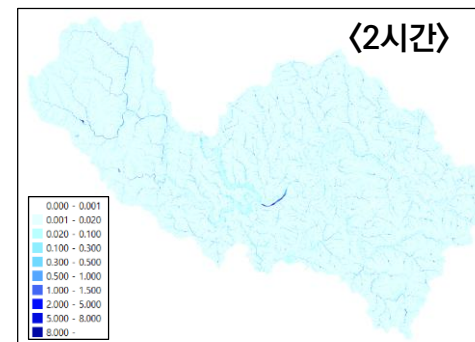
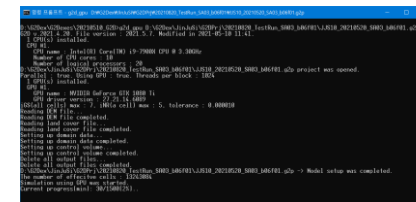
〈침수모의 모델 구축 영역〉



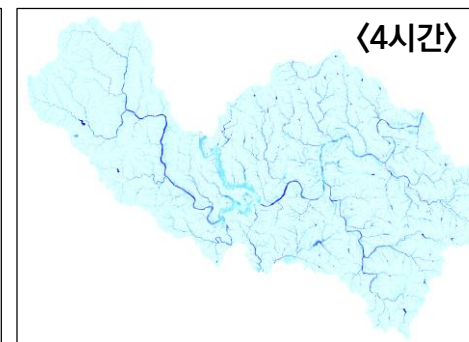
〈DEM〉



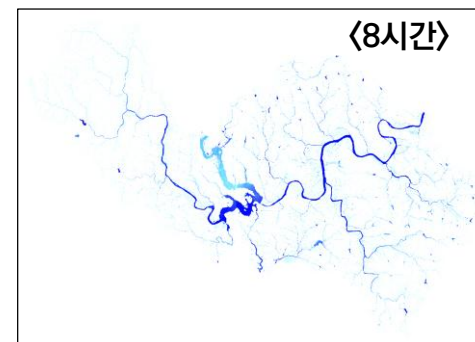
〈토지피복도〉



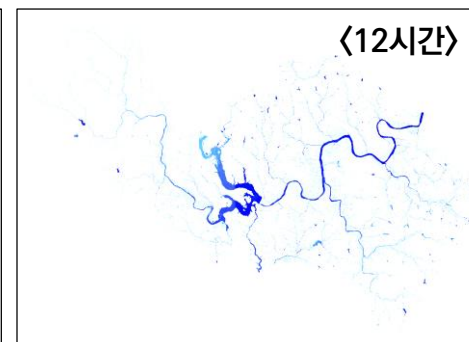
〈2시간〉



〈4시간〉



〈8시간〉



〈12시간〉

〈시험 모의 사례, 6시간 가상 강우 적용〉





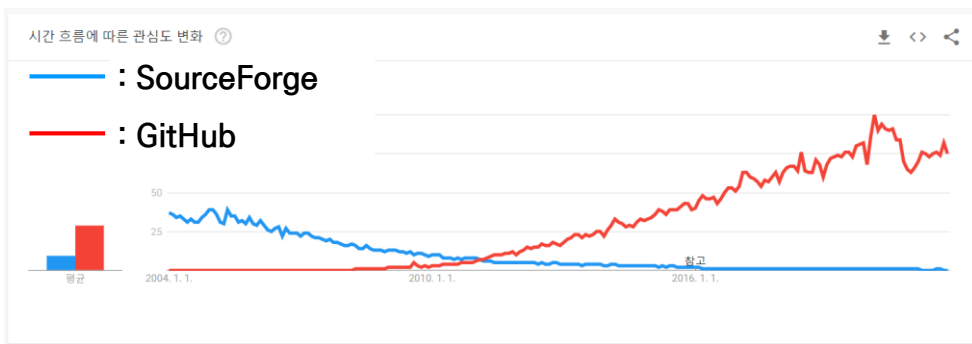
# 04

## 오픈소스 기반 소프트웨어 개발 및 관리

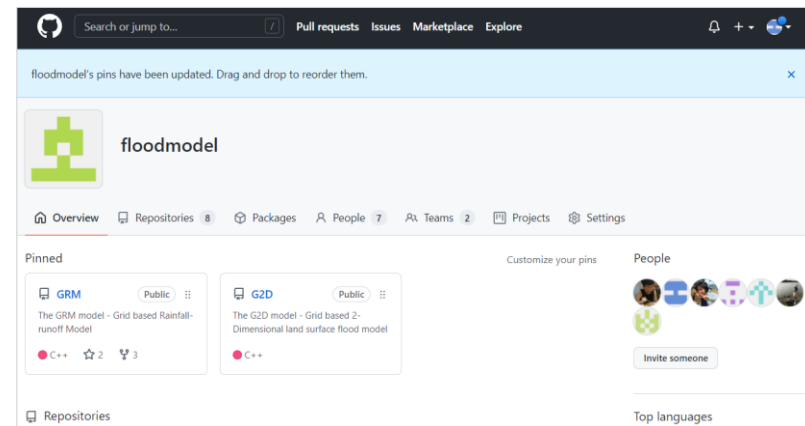
# 04

## 오픈소스 기반 소프트웨어 개발 및 관리

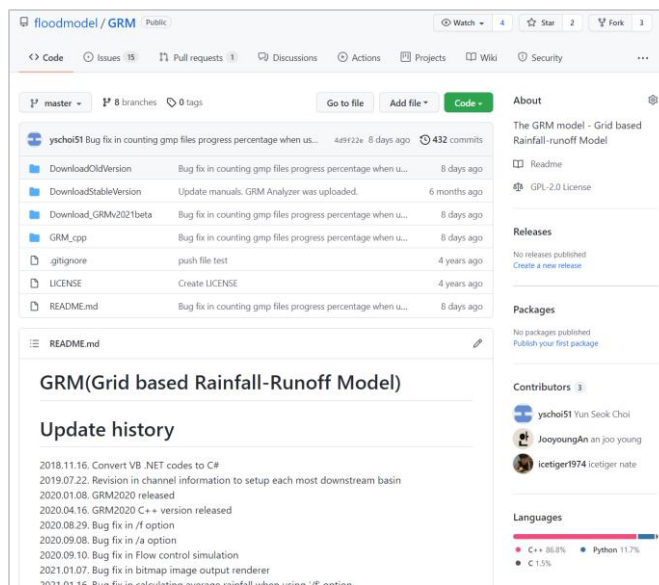
- GitHub를 이용한 OSS 개발 및 관리
  - 2017년 부터 OSS로 전환
  - GitHub OSS 전환 배경, 효과
    - 모델 개발 코드 관리(코드 백업, 이력관리, 변경 추적 등)
    - 공동 개발(KICT, (주)헤르메시스)
    - S/W 홈페이지 역할(무료, 텍스트 기반의 손쉬운 웹페이지 관리)
    - 배포, 보급확대
    - 결과물의 신뢰도 증대
    - 사용자들로부터의 S/W 오류, 개선 의견 수렴
    - 다양한 사용자들의 코드 수준 협업은 아직 미흡



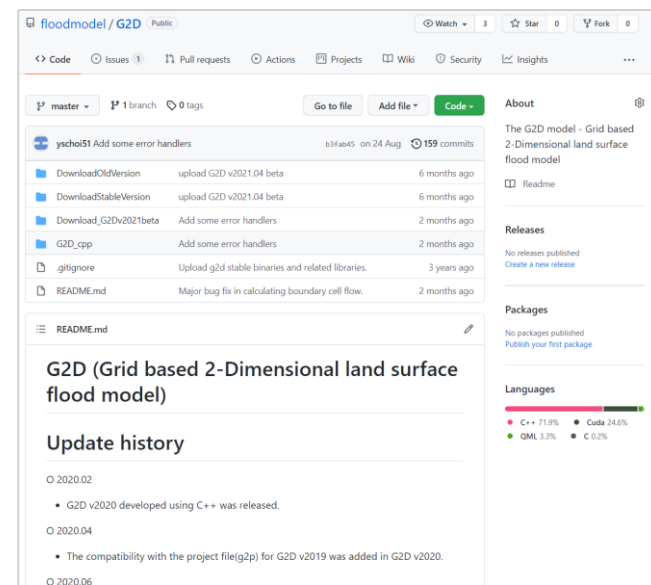
〈Google Trend, 2004 ~ 현재(2021.10)〉



〈<https://github.com/floodmodel>〉



〈<https://github.com/floodmodel/GRM>〉



〈<https://github.com/floodmodel/G2D>〉

# 감사합니다

고해상도 홍수 시뮬레이션 모델의 개발 과정과 활용 현황

