

# 기상이변·기후변화 대응 농경지 침수예측 서비스 체계 구축 연구 소개



전 상 민  
서울대학교 박사과정  
luckysm1@snu.ac.kr



이 경 도  
국립농업과학원 농업연구사  
kdlee11@korea.com



김 대 하  
APEC 기후센터 선임연구원  
d.kim@apcc21.org



황 성 환  
서울시립대학교 선임연구원  
hhwang1972@uos.ac.kr



신 용 순  
㈜에피넷 이사  
hhsys@naver.com



강 문 성  
서울대학교 교수  
mskang@snu.ac.kr

## 1. 머리말

기후변화의 영향으로 가뭄, 태풍, 집중호우, 해수면 상승 등 극단적인 기상이변이 세계 곳곳에서 발생하고 있으며, 이로 인한 인명 및 재산 피해의 발생빈도와 규모가 급증하고 있다. 농업은 다른 산업과 달리 원천적으로 기후적 조건과 변화에 크게 좌우되는 분야로서 기후변화에 따른 농업기반시설 등의 농업환경변화를 정확히 예측하여, 효과적인 대응 전략 마련이 필요하다.

농경지의 침수로 인한 농작물 피해와 농경지 유실 및 매몰로 인한 피해가 점차 늘어나고 있으나, 도시지역침수와 하천변 사회기반시설 침수 등의 연구에 비하여 농경지 침수 예측 및 관리에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다. 실제 소하천에서의 홍수피해가 대부분임에도 많은 경우 홍수재해 기술 개발이 도심지역의 국가하천 대상 위주로 이루어져 왔고, 농업용 저수지와 연계한 농촌 지역의 홍수 방어 전략에 대한 연구가 미흡하기 때문에 농촌유역 소하천에 대한 홍수 방어 기술 개발이 필요하다.

기후변화에 따른 농업부문 영향에 대한 평가와 관련하여 국내·외 많은 연구들이 진행되어 왔으나, 주로 기후변화에 의한 작물생산, 농업생태계에 집중되었다. 또한, 농업 기상재해 유형에 따라 지역별로 발생횟수 및 빈도에 대한 연구가 일부 진행되

었으나, 기후변화에 따른 홍수에 의한 침수피해에 대한 연구는 부족한 실정이다.

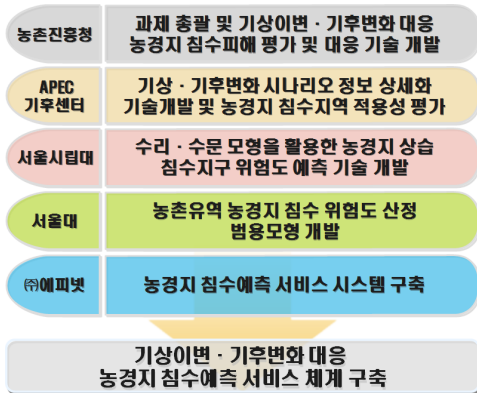
농경지 침수예측 및 서비스 체계 구축과 관련된 국내 연구로 국립농업과학원에서는 농업기상재해 피해를 저감하기 위하여 영농정보를 고려한 농업기상예측정보의 생산과 위험기상에 대한 조기경보 서비스 체계를 구축하여, 섬진강 하류 유역을 대상으로 개별농가 맞춤형 농업기상위험관리기술을 개발하고 서비스를 제공하는 연구가 진행 중이다(2014-2017). 장민원(2014)은 사용자 편의성과 시의성을 갖춘 모바일 기반의 정보 시스템을 개발하여 농경지 침수피해 경감을 위한 의사결정에 있어 피해 당사자이자 목격자인 농민이 직접 재해 위험을 인지하고 피해 경감 활동을 수행하고 피해 기록을 남길 수 있도록 하였고, 이를 통하여 농경지 침수피해 정보를 실시간으로 수집 그리고 제공하는 기술을 제시하였다. 이경도 등(2013)은 소방방재청에서 제공하고 있는 재해연보를 참고로 하여 1986년부터 2010년까지 농경지 침수면적정보를 ArcGIS를 이용하여 시공간적 분포 변화를 해석하여 상습 침수지역에 대한 침수 취약성 분석을 통한 대응방안 마련의 필요성을 제시한 바 있다.

국외에서는 홍수에 의한 범람 또는 피해분석과 관련된 연구가 많이 수행되었으며, 주로 GIS 기반의 수리·수문 모형인 HEC-HMS와 HEC-RAS을 연계하여 홍수범람 분석을 수행하는 연구가 이루어져 왔다(USACE, 2010). 미국에서는 1960년대 이후부터 침수위험이 있는 지역의 홍수위험지도를 제작하여 홍수방어를 위한 국가홍수보험프로그램(National Flood Insurance Program, NFIP), 스마트 성장(Smart Growth), 홍수터관리프로그램(Floodplain Management Programs,

FMP) 등을 시행하고 있으며, 미국연방재난관리국(Federal Emergency Management Agency, FEMA)에서는 홍수위험지도제작지침(Guidelines and Specifications for Flood Hazard Mapping Partners, GSFHMP)을 작성하여 지방관리청(50개주를 10개 광역원으로 통합) 및 지방조직(주 및 시군 소방구급본부)에 제공 중이다. 유럽연합은 2007년 총 3단계의 EU홍수방어지침(EU Flood Directive)을 수립하였으며, EU홍수방어지침은 1) 사전홍수위험도평가(Preliminary Flood Risk Assessment, PFRA), 2) 홍수위험지도(Flood Risk Maps, FRM), 3) 홍수위험관리계획(Flood Risk Management Plans, FRMP)로 구성되어 있다. 또한, 영국, 노르웨이, 네덜란드 등의 각 국가들은 자국의 기상 및 지형 특성을 고려한 홍수위험관리계획을 수립하였다.

우리나라의 4대강(한강, 낙동강, 금강, 영산강) 유역은 매년 상습적인 배수불량으로 인하여 농경지 침수가 발생되고 있으며, 상습침수지역을 대상으로 배수체계 개선을 위한 농경지 침수피해모의가 제한적으로 수행되고 있다. 그러나 국내에서는 아직까지 기후변화시나리오와 예측강우를 적용하여 농경지 침수 피해 예측을 시도한 연구는 부족한 실정이며, 따라서 과거침수 및 미래 시나리오 DB구축을 통한 농경지 침수관리, 실시간 예측 모형을 통한 농경지 침수예측 등 과학적이고 체계적인 농경지 침수예측 시스템의 구축이 필요하다.

본 고에서는 현재 개발 중인 기상이변·기후변화 대응 농경지 침수예측 서비스 체계의 구성, 개발현황, 개념, 그리고 적용성 등을 소개하고자 한다.



(그림 1) 농경지 침수예측 서비스 체계 구축 연구의 구성

## 2. 침수예측 서비스 체계 구축 연구의 구성

농경지 침수예측 서비스 체계 구축을 위해 총 5개 기관이 연구에 참여하고 있다. 먼저, APEC 기후센터에서는 기상·기후변화 시나리오 정보 상세화 기술개발 및 농경지 침수지역 적용성 평가를 담당하고 있고, 서울시립대학교에서는 수리·수문 모형을 활용한 농경지 상승 침수지구 위험도 예측 기술 개발을 담당하고 있다. 또한, 서울대학교에서는 농촌유역 농경지 침수 위험도 산정을 위한 범용모형을 개발하고 있으며, (주)에피넷에서는 농경지 침수예측 서비스 시스템을 구축하고 있다. 마지막으로 농촌진흥청 국립농업과학원에서는 과제 총괄 및 기상이변·기후변화 대응 농경지 침수피해 평가 및 대응 기술 개발을 담당하고 있다.

## 3. 농경지 침수 해석 기법 개발 현황

본 연구에서는 농경지 침수예측 서비스 시스템 구성을 위한 농경지 침수 해석 방법으로 범용 해석과 정밀 해석 두 가지 방법이 사용된다. 먼

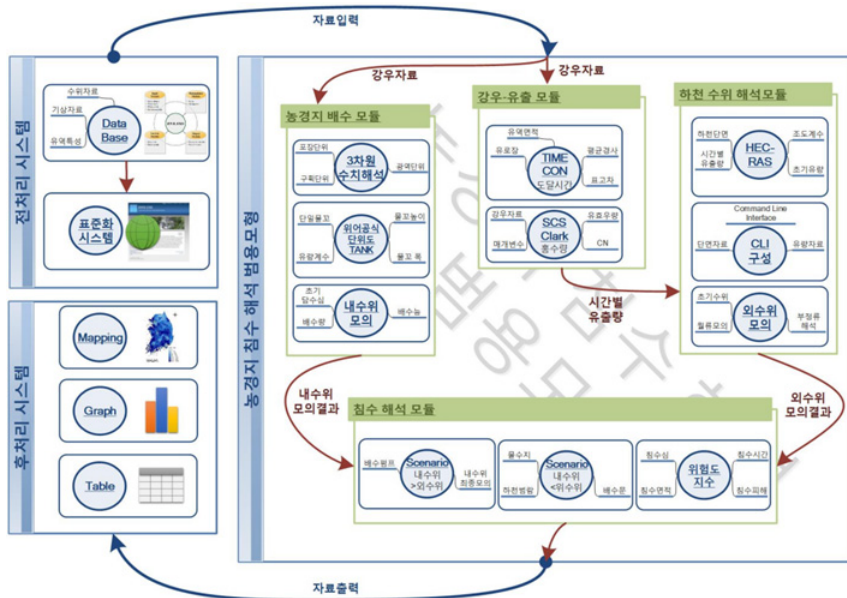
저, 범용 해석 기법의 경우 기존의 수문 해석 기법과 배수지연 등 농경지의 수문 기작을 결합하여 농경지 침수 범용 해석 모형을 새롭게 개발하여 시범 유역에 적용하고 있다. 정밀 해석 기법의 경우 침수 해석에 널리 활용되는 SWMM을 이용하여 시범유역에 적용하여 여러 가지 강우 시나리오에 따른 침수 해석을 수행하고 있다.

### 3.1 범용 해석 기법

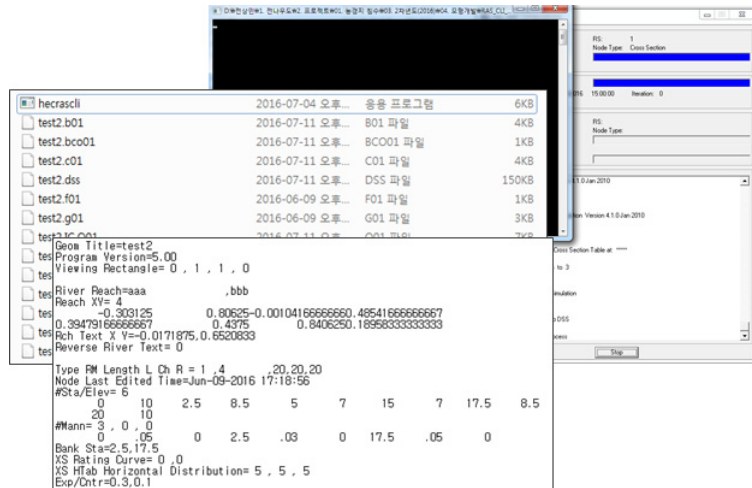
기존의 수리·수문 모형은 농경지, 특히 논외의 수문기작을 정확하게 반영하기 어려운 단점이 있다. 또한, 농경지 침수예측 서비스를 위해서는 실시간으로 제공되는 기상예보 자료를 이용하여 비교적 짧은 시간에 침수 위험도를 해석할 수 있는 모형이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 농경지의 수문기작을 반영할 수 있으며, 비교적 가벼운 해석 알고리즘을 가지는 농경지 침수 위험도 산정 범용모형을 개발하고 있다.

범용모형은 강우-유출 모듈, 농경지 배수 모듈, 하천수위 해석 모듈, 침수 해석 모듈 등 모듈단위로 개발하고 있으며, 전처리 및 후처리 시스템 또한 개발중이다. 전처리 시스템은 데이터 베이스와 표준화시스템으로 이루어지며, 모형 구동에 필요한 기상자료, 수위자료, 유역특성자료 등을 저장하고 모형에 필요한 형태로 표준화하도록 구성하였다.

강우-유출 모듈은 DB에서 강우자료 입력받고 유역특성자료를 DB 혹은 사용자로부터 입력받아, Clark 단위도 방법을 이용해 시간별 유출량을 계산하도록 구성하였다. 농경지 배수 모듈은 DB에서 강우자료를 입력받고, 모형의 사용자가 분석하고자 하는 농경지의 정보를 입력하



〈그림 2〉 농경지 침수해석 범용모형의 구성



〈그림 3〉 하천수위 해석 모듈의 구동

여 위어공식과 배수지연 알고리즘을 이용해 시간별 농경지 수위 및 배수량을 계산하도록 구성하였다. 하천 수위 해석 모듈은 실무에서 널리 활용되는 HEC-RAS 모형을 CLI (Command Line Interface)를 이용해 외부에서 구동이 가

능하도록 구성하였으며, 강우-유출 모듈의 계산 결과인 시간별 유출량을 입력받고 연구대상 하천의 특성자료를 사용자가 입력하여 시간별 외수위(하천 수위)를 계산하도록 구성하였다. 침수 해석 모듈은 농경지 배수 모듈의 내수위 모

의 결과와 하천 수위 해석 모듈의 외수위 모의 결과를 입력받아, 내/외수위 차이에 따른 배수 시나리오와 월류, 배수펌프 등의 유무를 고려해 시간별 최종 농경지 수위를 계산하도록 구성하였다.

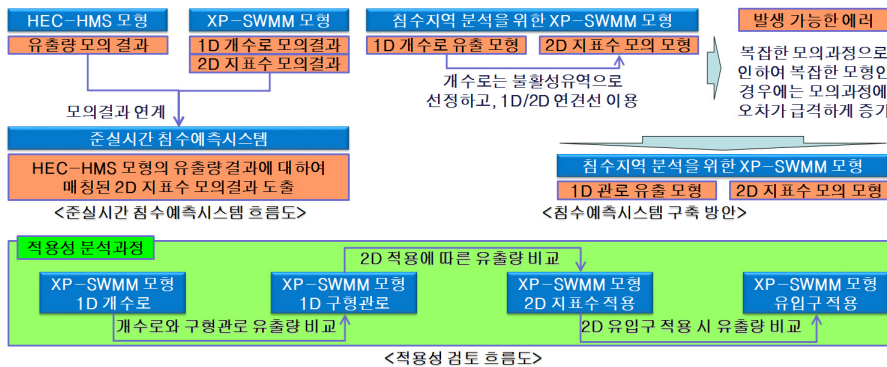
후처리 시스템은 침수 해석 모듈의 최종 농경지 수위 계산 결과를 입력받아 가시화하여, 사용자가 모의 결과를 쉽게 파악할 수 있는 지도, 그래프, 표 등의 형태로 제공하도록 구성하였다.

향후 농경지 침수예측 서비스시스템이 구축되면, 실시간 강우예보 자료를 이용하여 범용모형을 시간단위로 구동하고, 침수해석 결과를 사용자에게 제공할 예정이다.

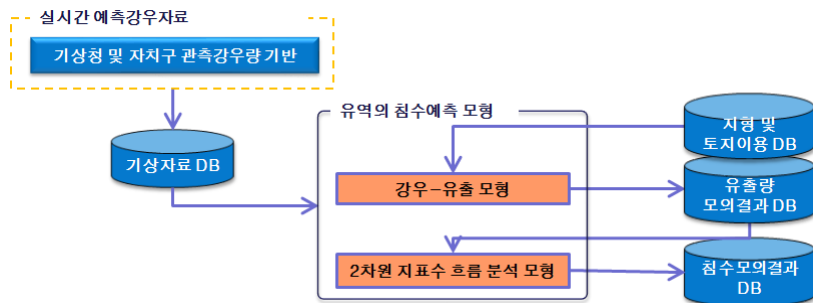
### 3.2 정밀 해석 기법

농경지 침수 정밀 해석은 기존의 수리·수문 모형 중 홍수 및 침수 모의에 널리 활용되는 HEC-HMS와 SWMM을 이용하여 수행 중에 있다.

강우-유출모형인 HEC-HMS을 이용하여 대상 유역에 침수를 유발시킨 실강우와 수위관측소의 수위-유량관계곡선식을 이용하여 침투유량에 대하여 매개변수 검·보정을 실시하고, 침투유량 값을 기반으로 하여 상습침수 지역의 농수로에 대한 관망을 구축하여 SWMM 모형에 적용하였다. 그리고 SWMM 2D 분석결과의 출력물인 침수면적을 강우깊이와 강우지속시간 별로 산정하여 침수면적 DB를 구축하고 있다.



〈그림 4〉 SWMM 2D 분석을 위한 대상 유역 배수시설 단순화 흐름도



〈그림 5〉 실시간 침수면적 예측시스템 구축방안

향후 농경지 침수예측 서비스시스템이 구축 되면, 실시간 강우예보 자료와 똑같은 패턴의 강우사상을 침수해석 DB에서 찾아내 해당 강우사상에 대한 침수해석 결과를 사용자들에게 제공할 예정이다.

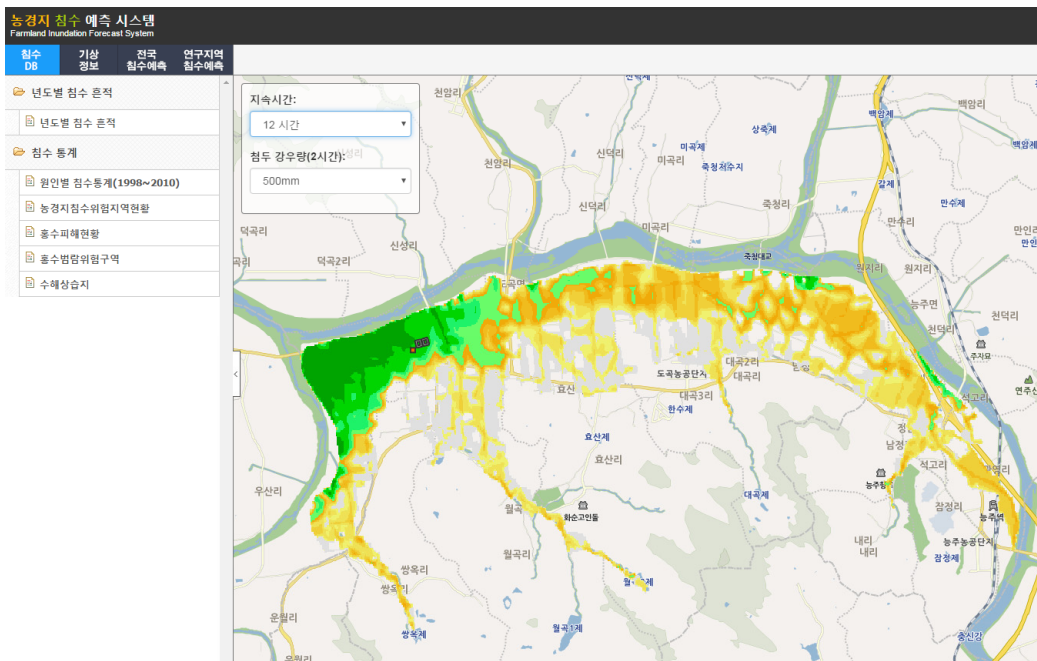
#### 4. 농경지 침수예측 웹 시스템 개발 현황

본 연구에서는 최종적으로 농민, 지자체 관계자 및 연구자 등에 대한 농경지 침수예측 서비스를 제공하기 위한 웹 시스템을 개발하고 있다. 웹 시스템에서는 과거 침수 발생 현황, 실시간 및 미래 기상정보, 범용 침수 해석 및 정밀 침수 해석에 의한 침수 예측 결과 등을 제공할 계획이다.

먼저, 재해연보 및 침수흔적도 등을 이용하여

과거 농경지 침수 발생 현황을 사용자들이 확인할 수 있도록 DB를 구축하고, 이를 제공할 계획이다. 사용자는 원하는 지역에 대한 침수 발생 시기, 면적, 피해액 등의 정보를 확인할 수 있다. 기상자료의 경우 APEC 기후센터에서 개발한 상세화 기법을 이용하여 기상청에서 제공하는 동네예보 강우자료를 1시간 단위로 상세화시켜 사용자들에게 제공할 예정이며, 상세화된 1시간 단위 강우자료는 범용 및 정밀 침수 해석의 입력자료로 사용된다. 또한, 기후변화 시나리오에 의한 미래 강우자료도 제공할 예정이다.

범용 해석의 경우, 기상청의 동네예보 자료를 이용하여 앞서 소개한 범용모형을 1시간 단위로 서버에서 구동하여 그 결과를 서비스할 예정이며, 정밀 해석의 경우 기 구축된 침수해석 DB에



<그림 6> 농경지 침수 예측 웹 시스템 구성 (안)

서 동네예보와 가장 유사한 강우사상에 대한 침수해석 결과를 사용자들에게 제공할 예정이다. 현재 4대강 권역별로 하나의 대상유역을 선정해 이에 대한 범용 및 정밀 해석을 수행하고 있으며, 웹 서비스 시스템 또한 초안을 완성하여 보완 및 수정 중이다.

## 5. 마치면서

본 고에서는 농경지 침수예측 서비스 체계의 개발현황에 대해 소개하였다. 농경지 침수예측 서비스 시스템은 농경지 침수해석에 대한 정확도 향상에 따른 피해저감 계획의 신뢰도를 향상시키고, 기후변화 시나리오 및 침수피해 시나리오의 다차원적인 분석을 통해 가장 효과적인 방재시설 설치 및 운영을 위한 기반 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다. 또한, 기후변화에 따른 농경지 침수예측 시스템 구축 시 축적된 DB, 관련 연구자료 및 구현기법 등은 향후 재해예측 및 방재분야의 연구에 다양하게 활용될 것으로

사료되며, 농촌유역 수자원의 관리를 위한 기술의 일부로서 농촌유역 홍수 관리에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ011686032017)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 장민원, 2014. 모바일 기반의 농경지 침수정보 관리 기술 개발.
2. 이경도, 정병준, 홍석영, 김이현, 나상일, 2013. 최근 25년간 침수 농경지의 시·공간 분포 변화 해석, 2013 한국토양비료학회 추계학술발표회.
3. U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 2010. HEC-RAS v.4.1 user's manual, CPD-68, Davis, CA: USACE, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.