

ISSUE PAPER 2022-03

# 하천관리 정책·기술동향 및 기상정보 활용 홍수예보 고도화 방안

2022. 9.

# 하천관리 정책·기술동향 및 기상정보 활용 홍수예보 고도화 방안

## CONTENTS

I. 추진 배경	1
II. 주요정책	3
III. 기술동향	7
IV. 하천예보현황	15
V. 시사점	19

## I 추진배경

### 기후변화로 인한 홍수 피해 증가로 선제적 재난 대응 기술이 발달

- 최근 기후변화로 인한 집중호우 발생빈도 증가 및 산업화·도시화로 인한 강우 유출량 증가로 홍수 피해 가중
  - 자연재해로 인한 시설피해액 2조 3,493억 원 중 국가·지방하천 4,054억 원(17%), 소하천 3,502억 원(15%)의 피해 발생('20)
    - ※ 여름철 최장 장마기간(중부지방 54일, 6.24~8.16)으로 집중호우(강수량 687mm)가 발생하여 전국적인 하천 범람과 침수 피해 기록('20)



[그림 1] '20년 강남역 침수(좌)' 및 '22년 도림천 범람(우)<sup>2</sup> 사례

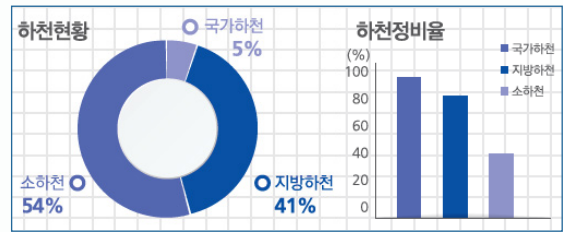
- 홍수 예방·대응을 위한 관련 부처의 다양한 정책에도 불구하고 자연재해위험지구, 침수지역 이외의 지역에서도 피해 발생 증가
  - ※ 최근 10년 간('10~'20) 도림천 유역에는 총 27회(사망2명, 구조 141명)의 고립사고가 발생 및 '20. 8월에는 하천 계획빈도에 못 미치는 집중호우(57mm)에도 하천 내 안전사고가 발생한 바 있음
- 이에 따라, 관계 부처는 재난 및 안전 기술개발 계획\*을 수립하고 재해 예방 중심의 선제 대응 기술을 확보하기 위해 노력 중
  - \* 「제3차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획('18~'22) 2022년도 시행계획」('22)
  - ※ 국내 재난·안전분야의 기술수준은 최고기술국(미국) 대비 80.4% 수준, 기술격차는 2.9년<sup>3</sup>

1) 뉴스1(2020.8.7.) “막지 못하나 아님 안 막는건가... 상습침수 지역 피해 매번 반복”  
2) 뉴스포스트(2022.8.9.) “[현장] 대피령 내린 구로 도림천, 범람 우려 여전”  
3) 과학기술정보통신부(2021) 2020년도 기술수준평가 결과

## 하천관리 및 관측장비의 소관부처 다원화로 인한 홍수 대책 마련 한계

- 하천은 중앙정부에서 관리하는 국가하천과 관할 지자체에서 관리하는 지방·소하천으로 분류되며 소유역으로 갈수록 하천정비율이 낮음

※ (국가·지방하천)「하천법」에 근거하여 환경부 소관, (소하천)「소하천정비법」에 근거하여 행정안전부 소관



[그림 2] 국내 하천현황 및 하천정비율<sup>4</sup>

- 수문정보는 홍수통제소, 기상청, 지자체 등 각 기관에서 독립적으로 관측·운영하여 관측장비의 현황 파악이 어렵고 및 중복 설치 문제 우려

[표 1] 관측기관별 기상관측시설 현황<sup>5</sup>

		AWS	강수량계	기타 <sup>6</sup>	합계
국가기관	기상청	637	9	24	670
	환경부			74	74
	농촌진흥청	211			211
	산림청	414			414
	국토교통부	11			11
지방자치단체		421	1,544	574	2,539
공공기관	국립공원공단	70	83		153
	한국수자원공사		186		186
	한국수력원자력	5			5
	한국도로공사	1		4	5
	한국원자력환경공단	1			1

- 관련 부처 간 일부 정보를 공유하고 있으나 근거 법령\*이 상이하고 데이터 표준화 등으로 인한 공동 활용 한계

\* (홍수통제소) 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제8조(홍수·갈수 예보의 실시) 및 제9조(수문조사의 실시), (기상청) 「기상관측표준화법」 제8조(기상관측망 구축 및 관리)

## 하천관리 정책·기술동향 조사를 통한 기상정보 활용 고도화 방안 도출

- 효율적인 하천관리를 위한 기상·수문관측 자료 활용 확대 및 예측 모형 고도화 등 체계적인 홍수 대응방안 모색 필요
- 하천관리 관련 정책과 기술동향 분석을 통해 기상정보 기반 홍수 예보체계의 고도화 방안 및 시사점 도출

4) 서울기술연구원(2020) 하천 홍수 예·경보를 위한 CCTV 기반 실시간 유량계측 기술

5) 기상청 기상관측시설 현황 조사결과를 바탕으로 작성('21.12. 기준)

6) 대기오염감시장비, 풍향·풍속계, 시정계, 적설계 포함

### II 주요정책

#### 국외

- **(미국)** 국가재난대응체계\*는 주·연방 정부 등의 대응 역량을 통합하기 위해 각 주체의 역할과 책임, 자원을 총괄적으로 관리하는 지침 수립
    - \* NRF(National Response Framework)
  - 국토안보부와 연방 재난관리청\*은 허리케인, 홍수 등 재난상황을 통합·효율적으로 관리하기 위한 표준체계\*\* 도입
    - \* FEMA(Federal Emergency Management Agency) \*\* NIMS(National Incident Management System)
  - 지역위험성평가제도\*를 통해 공동체 개념 및 전체의 노력을 강조
    - \* 관할 행정구역의 위험요소를 파악하고 위험요소들이 발생 가능한 시간, 장소, 조건(기후학적, 인구통계학적, 건축·환경학적 요인 등)을 고려하여 구체적인 역량목표 수립 및 자원 설정을 위한 자체적인 재난관리평가제도
  - 연방 정부와 각 부처, 주 정부는 NIMS 가이드라인을 준수하는 재난관리시스템 구축
  - 위험성 지도 기반의 재해위험 평가 소프트웨어를 통해 사고 발생 전 사고의 영향 평가, 응급 대응·복구 계획 수립 및 피해·손실 규모 추정
- **(유럽)** 유럽위원회\*는 유럽홍수인식시스템\*\*을 개발하여 유럽 전역의 홍수 모니터링·예측·조기경보 제공 및 물관리 기본 지침\*\*\* 공표
  - \* EC(European Commission)
  - \*\* EFAS(European Flood Awareness System) \*\*\* WFD(Water Framework Directive)
- WFD는 수자원과 관련된 국가 정책, 법적 구조, 환경, 지속가능 목표 수립 및 이행
- **(일본)** 재난에 취약한 지리적 특성상 정부 주도로 재해대응책을 수립하고 '50년대부터 홍수방재 관련 법체계 마련 후 치수사업 실시
  - 「수해방지법」에 근거하여 수재해 방어체계를 구축하고 침수예상구역 지정 등 하천홍수와 도시 침수를 통합적으로 관리

## II. 주요정책

● (영국) 영국 환경청\*은 환경식품농촌부의 지원을 받아 지속가능한 홍수위험관리를 위한 유역 홍수관리계획\*\* 수립

\* EA(Environment Agency) \*\* CFMPs(Catchment Flood Management Plans)

- WFD에서 설정한 하천 유역 분류체계를 기반으로 소유역과 하위 유역을 결정하여 유역별 치수 관리 계획 수립
- 약 6년 주기로 계획을 수립하며 수립 시 향후 50~100년 동안의 시나리오(기후변화, 토지이용, 국토 개발, 토지관리계획 등 포함)를 반영

[표 2] CFMPs의 홍수위험관리방침<sup>7)</sup>

구분	내용
Policy 1	· 홍수위험이 거의(전혀) 없지만 지속적인 모니터링이 필요한 지역 - 가능한 한도 내에서 자연적인 홍수 발생을 진행하도록 함
Policy 2	· 기존의 홍수관리 조치를 감축할 수 있는 홍수 위험이 낮은 지역 - 전반적으로 인구와 자산의 위험이 낮은 지역에 적용됨 - 더 위험도가 높고 많은 사람이 있는 곳의 위험을 줄이기 위해 지원을 해야 한다면, 현재수준의 홍수위험관리를 유지하지 않아도 됨 - 현행 홍수위험관리를 검토해서 위험 수준에 맞게 조치하도록 함
Policy 3	· 효과적인 홍수위험관리가 지속되면서 홍수위험이 낮은 지역 - 향후 발생할 수 있는 홍수 위험에 대응하기 위해 현재 관리방안의 유지 및 개선방안을 제시함 - 장기적인 최적의 홍수위험관리를 위해 현재 홍수 방재 관리조치와 다른 홍수관리 조치를 검토함
Policy 4	· 현재 홍수위험관리가 효과적으로 이루어지고 있는 홍수위험이 낮음, 보통, 높음에 속하는 지역이며, 기후변화에 대응하기 위해 추가적인 조치가 필요한 지역 - 현재 적절한 홍수관리가 이루어지고 있지만 향후 홍수위험이 상당히 증가할 것으로 예상되는 지역에 적용됨
Policy 5	· 일반적으로 홍수위험 저감방안이 시행될 수 있는 홍수위험이 보통 이상인 지역 - 고위험 구역에 많은 인구가 있거나 환경 변화가 위험을 증가시키는 등 홍수 위험을 줄이기 위한 추가 조치가 반드시 필요한 지역에 적용됨 - 위험 감축을 위한 추가 조치를 취하기 위해서는 사회·환경적으로 지속가능하고, 기술적으로 실행 가능하며, 경제적으로 적당한 대안의 여부를 파악할 새로운 평가가 필요함
Policy 6	· 전반적인 홍수위험이 감소되거나 환경적 이점을 제공하는 장소에 물을 저장하거나 유출을 관리하기 위해 다른 조치가 필요한 홍수위험이 낮거나 보통인 지역 - 저류지(댐 유역 등)를 관리함으로써 유역 내에 홍수 위험이 국지적으로 혹은 더 넓게 감소되는 곳에 적용됨 - 이 방침은 지역 내에 상세한 평가 및 협의를 거친 후 특정 장소에만 적용됨

7) 영국 정부 홈페이지 <<https://www.gov.uk>>

### 국내

- **(행정안전부)** 「재난 및 안전관리 기본법」, 「자연재해대책법」에 따라 중앙행정기관과 지방자치단체, 지방행정기관 등을 재난관리책임기관으로 규정하고 자연재해 저감을 위한 계획<sup>8)</sup> 수립
  - ※ 도시 홍수를 비롯한 재난업무 전반의 예방·대비·대응·복구 및 도시홍수 중 내수범람에 관한 업무 담당
- **(조기경보시스템)** 침수 위험지구에 IoT 기반 계측시스템(강수량, 강우강도 등 분석)을 설치하여 침수 우려 시 주민에게 위험정보를 사전 제공하는 조기경보시스템 구축('20~'22, 170개소/연)
- **(관측망)** 홍수특보지점 확대(65→218개소) 및 국지성 돌발홍수 예측을 위한 소형 강우레이더 확대 구축(~'25)
  - ※ (현재) 삼척, 울진 → (확충) 부산, 울산, 대전, 청주, 광주, 세종, 전주
- **(예보체계)** 자치단체의 기상관측장비 관리 통합 및 고해상도(12km→1km) 시공간 통합형 수치예보모델 개발(~'26)
- **(설계기준)** 유역별 증가하는 홍수량 가중치를 산출·고시하여 댐·하천 설계에 반영하고 하천 설계목표 상향<sup>8)</sup>('21~'23)
  - \* (국가하천) 100~200년 → 주요지역 최대 500년 빈도 강수량
  - (지방하천) 50~80년 → 권역별(145개) 하천 기본계획 재검토(20개/연)
- **(전담조직)** 기후변화에 따른 풍수해 대응 종합대책을 마련하기 위해 관계부처 합동으로 '풍수해 대응 혁신 추진단' 구성·운영('20~)
  - ※ 환경부, 국토교통부, 산림청, 기상청 등 16개 부처

8) 행정안전부(2020) 기후변화에 따른 풍수해 대응 혁신 종합대책



## II. 주요정책

- (환경부) 「하천법」, 「하수도법」, 「수자원법」에 따라 홍수방어계획, 국가하수도종합계획 및 국가물관리기본계획을 통해 침수예방을 위한 사항 수립

※ 하수의 범람으로 인한 침수피해 예방 및 하천·물환경 전반의 지정·관리·사용·보전 등에 관한 업무 담당

- (물관리일원화) 하천관리는 국토교통부와 환경부로 이원화\*되어 있었으나 업무의 이관 (국토교통부→환경부, '21.1~)에 따라 '통합물관리추진단'을 구성하고 물관리 분야별 목표·세부과제 설정('21)<sup>9</sup>

\* (국토교통부) 하천정비기본계획 수립, 하천 정비·복구 등 홍수방어 업무

(환경부) 수자원조사, 댐 방류, 홍수예보 업무

- (위험정보) 공급자 중심(관심/주의/경계/심각)에서 '둔치침수', '자전거도로침수' 등 수요자가 직관적으로 상황 파악 가능한 맞춤형 정보 제공('22~)<sup>10</sup>

※ 전국 243개 하천, 총 551개소 중 '22년 286개소 시범적용

- (관측망) 홍수 취약 하천 100개소 대상 홍수정보 수집 센서와 28개소 대상 전파강수계 설치 ('21~'23) 및 수자원위성 개발('22~)<sup>11</sup>

- (AI 홍수예보) 홍수에 취약한 지류·지방하천을 중심으로 AI 홍수예보 기본계획 수립('21), 플랫폼 구축('22~'23), 100개 하천 시범운영('23~'24) 및 본격 운영('25~)<sup>12</sup>

※ 상습침수지역인 신림동(도림천)에 시범구축·서비스('23) 후 단계적으로 전국 확산

- (전담조직) 지자체와 협력체계를 구축하여 도시침수대응기획단을 구성하고 인프라·정책 마련, 디지털트윈 홍수예보 등 추진('22~'23)<sup>13</sup>

- (공동대응) 강우레이더(대형7, 소형2)를 활용한 국지성 돌발호우 영상정보 및 환경부·기상청의 예측 강수정보 공유를 확대(5→8종)하고 홍수기 합동근무 도입으로 유관기관 협업체계 강화('21~)<sup>14</sup>

※ 기상청, 국립공원, 수자원공사, 한국수력원자력, 지자체 등

9) 환경부(2021) 환경부-국토부, 통합물관리추진단 구성하여 홍수기 대비

10) 환경부(2022) 선제적·체계적 홍수관리로 인재 발생 막는다

11) 환경부(2020) 인공지능(AI) 홍수예보 추진계획

12) 환경부(2020) 인공지능(AI) 홍수예보 추진계획

13) 환경부(2022) 도시침수 및 하천홍수 방지대책

14) 환경부(2022) 선제적·체계적 홍수관리로 인재 발생 막는다



## Ⅲ 기술동향

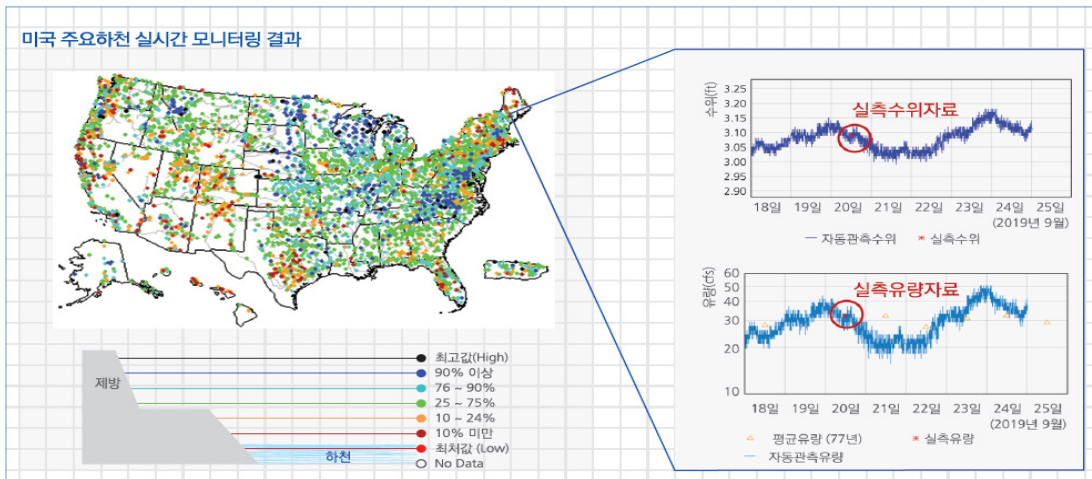
### 국외

#### □ 관측기술

- 통합재난관리체계를 수립하여 체계적인 장기간 수문자료 관측 및 사용자 참여형 데이터 수집으로 모니터링·예보 지역 확대

- **(자동유량관측)** 체계적인 하천관리와 홍수피해 예방을 위해 주요 지점의 유량측정 실시 및 관리시스템 구축(미국 지질조사국USGS)

- 국토 전반의 장기(100년 이상) 수문자료 수집 및 실시간 정보 제공



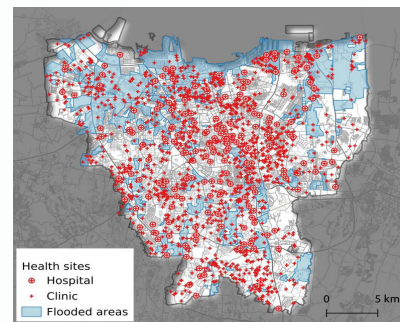
[그림 3] 미국 USGS 하천 유량측정 지점 및 정보표출 시스템<sup>15</sup>

- **(온라인지도)** 온라인지도(OpenStreetMap)\* 서비스를 구축하여 재난 정보 전달(The Humanitarian OpenStreetMap Team(HOT) 재단)

\* 해당 도시의 회원들이 지도에 도로, 건물 등을 표기하고 자유롭게 편집 가능한 오픈 소스 방식의 지도 서비스

- 웹 지도를 구하기 어려운 개발도상국 또는 오지의 데이터 확보 가능

※ 홍수에 취약한 인도네시아 자카르타 전역의 267개 마을 지도에 강우량 자료가 기록되어 활용 중임('13~)



[그림 4] 오픈스트리트맵 자카르타 지도<sup>16</sup>

15) 서울기술연구원(2021) 도림천 고립사고 예방을 위한 예·경보 시설 운영기준 및 매뉴얼 개선

16) OpenStreetMap 홈페이지 <<https://www.openstreetmap.org>>

□ 예보기술

- 독자적 기술 기반의 예측모형 및 위험지도 활용이 활성화되어 있으며 신기술 융합 등 홍수예측 기술이 다양화·지능화

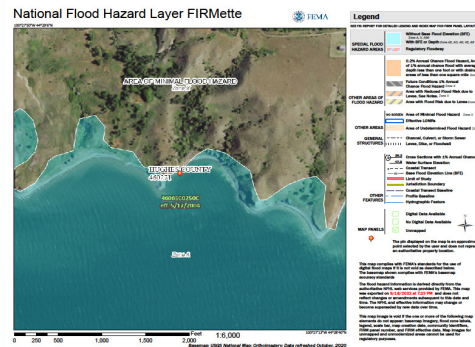
● (예측모형) 독자적 기술 기반으로 지역 특성을 반영한 수문학·수리학 모형 개발 및 선진국 모형을 도입하여 활용

- 네덜란드 홍수조기경보시스템, 미국 기상청의 수문학·수리학적 모형, 저수지 모형 등을 탑재한 하천 예측시스템 활용(미국 하천예보센터RFC)
- 지형의 다양성(남쪽 산악 유형, 북쪽 저평지의 하천 등) 및 도시화 정도(농촌, 산업화된 근교 지역의 인구밀도 고려)를 반영하기 위해 다양한 예보모형(물수지 모형 등) 사용(독일 연방수문청BfG)
- 자체 개발한 강우-유출모형과 다수의 외국 모형을 도입하여 활용(중국 수리부 수문국MWR)

● (홍수위험지도) 홍수위험도, 취약도, 노출·반응정도, 발생 가능성에 대한 시나리오 등을 표기한 지도 활용 활성화

- (홍수지도) 대상지역의 100년 빈도 홍수위를 결정하기 위해 지형 데이터를 기반으로 홍수위험도를 재해 계수로 표현하여 침수위 분석, 피해산정자료 등 제공 (미국 연방재난관리국FEMA, '08~)

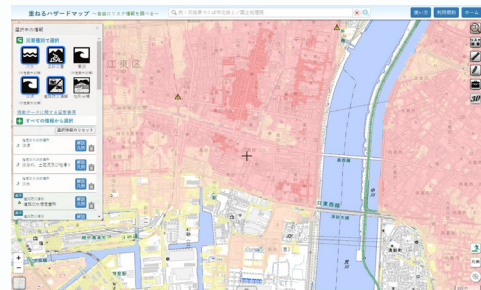
※ 국가홍수보험프로그램(NFIP)의 일환으로 토지·건물 구입 시 홍수위험에 대비한 보험료 산정에 활용



[그림 5] 미국 홍수지도<sup>17)</sup>

- (방재지도) 홍수, 지진, 쓰나미, 태풍 등이 발생할 경우 재해가 일어나기 쉬운 진로, 도달범위, 소요 시간 예측, 과거 발생 구역 등을 나타낸 해저드 맵 (Hazard map) 구축(일본 국토교통성, '14)

※ 「수해방지법」에 따라 집 구매, 임대 계약 시 방재지도 첨부 의무화('20.8.)



[그림 6] 일본 해저드 맵<sup>18)</sup>

17) 미국 홍수지도 홈페이지 <<https://www.fema.gov/flood-maps>>

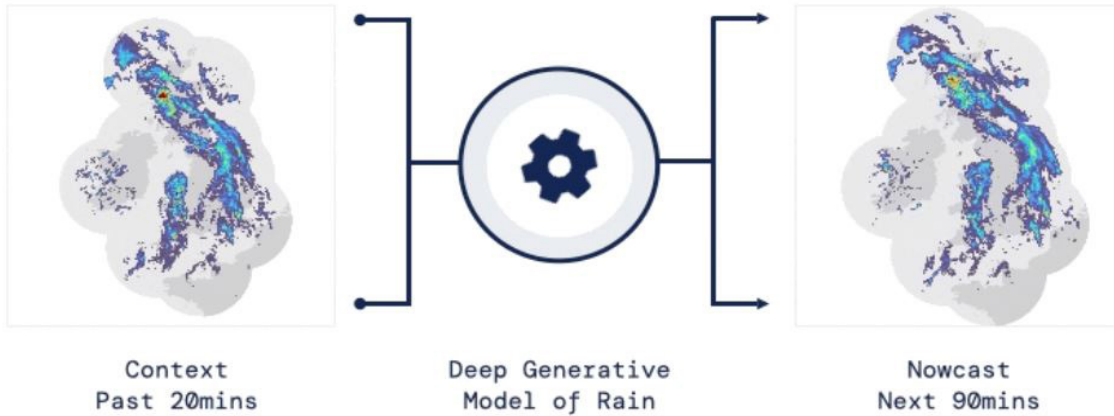
18) 일본 국토교통성 해저드 맵 홈페이지 <<https://disaportal.gsi.go.jp>>

### Ⅲ. 기술동향

- (융합기술) 인공지능, 디지털트윈 기술을 활용한 홍수예측 지능화 추진

- (나우캐스트Nowcast) 미국 해양대기청(NOAA)의 레이더 영상 데이터를 활용한 AI 강수량 예측시스템 개발(구글 딥마인드Google DeepMind, 영국 엑서터 대학Univ. of Exeter, '21)

※ 1km 공간규모의 기상상태를 3시간 이후까지 예측 가능하며 실제 강우량과 비교하여 89% 정확도를 나타냄



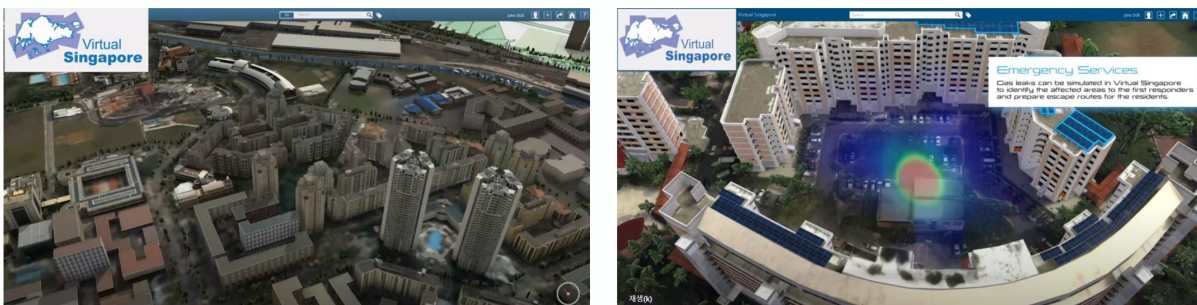
[그림 7] 강수 레이더 패턴 학습을 통한 강수 예측자료<sup>19</sup>

- (물 인식 알고리즘) 하천 유량·수위를 원격으로 감지하고 하천 주변 주택지의 대피를 계획할 수 있는 인공지능 기술 개발(알리바바Alibaba, '20)

※ 관련 부처와 262개의 하천의 인근 주택 및 149개 하천의 물 인식 역할 수행

- (디지털트윈도시) 싱가포르를 도시 전체를 디지털트윈으로 구성하는 ‘버추얼 싱가포르 (Virtual Singapore)’ 프로젝트를 추진하여 홍수, 지진 등 재난관리의 효율화(다쏘시스템Dassult Systems, '14~)

※ 기상, 인구, 전기, 통신, 수도 등 다양한 정보를 축적하여 3차원 소프트웨어로 구축('18)하고 해안 수위, 강수량에 따른 모의 시뮬레이션 등 수행



[그림 8] 버추얼 싱가포르 프로젝트<sup>20</sup>

19) Deepmind 홈페이지 <<https://www.deepmind.com>>

20) 싱가포르 국립연구재단 유튜브 <<https://www.youtube.com/c/nrfmediasg>>

## 국내

### □ 관측기술

- 관측자료의 공동 활용을 위한 시스템을 구축하여 기관별로 분산된 관측망의 통합 관리를 추진하고 있으며 하천 CCTV, 수자원위성 등의 관측기술을 개발 중임

- (통합시스템) 국내 수문조사는 각 기관의 목적에 따라 관측한 기상·수문자료를 통합홍수예보시스템을 통해 실시간 공유(환경부, '00~)

※ 홍수예보·수문조사(환경부), 기후분석·방재기상(기상청), 댐·저수지 관리(한국수자원공사, 한국수력원자력) 등

- 4개 홍수통제소, 전국 12대수계 대상 기상·수문자료 실시간 전송·수집·가공·저장 및 홍수예측 판단·발령
- 오픈 API를 통한 실시간 수문자료(수위, 강수량, 레이더 등) 제공

[표 3] 기관별 수문조사 현황<sup>21)</sup>

기관명		요소					
		강수량	수위	유량	유사량	토양수분량	증발산량
환경부	한강홍수통제소	147	169	65	6	2	5
	낙동강홍수통제소	138	162	66	9	-	-
	금강홍수통제소	71	110	43	4	-	2
	영산강홍수통제소	70	116	41	5	-	3
	국립환경과학원	-	-	255	-	-	-
한국수자원공사		186	184	58	7	6	2
한국수력원자력		21	16	9	-	-	-
한국농어촌공사		-	60	-	-	-	-
합계		635	817	537	31	8	12

※ 환경부, 한국수자원공사, 한국수력원자력, 한국농어촌공사 등 수문조사기관에서 관측하고, 「수문자료의 공인 및 저장 배포활용 기준」에 따라 수문자료 공인심의위원회에서 공인한 수문자료만을 포함

21) 환경부(2021) 2020 한국수문조사연보

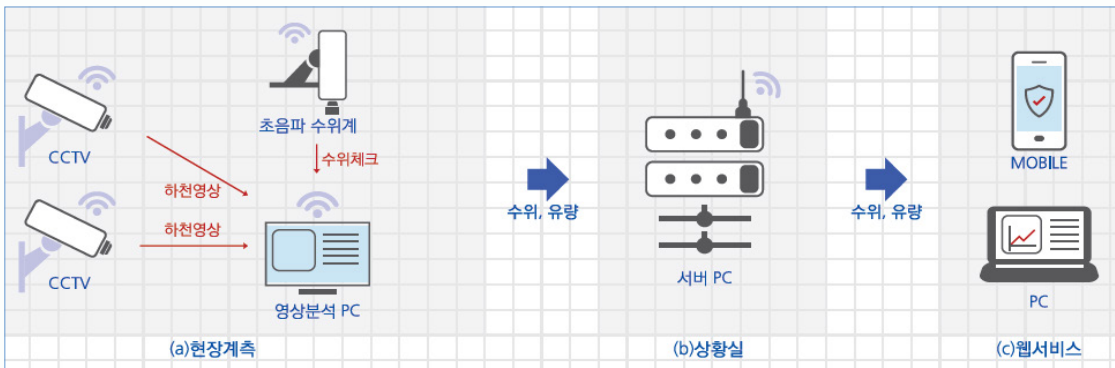
### Ⅲ. 기술동향

- (CCTV) 소하천 감시정보의 통합 수집·활용하기 위한 CCTV 기반 자동유량계측기술 개발 (서울기술연구원, '18)

- 표면영상분석 기법\*을 활용하여 표면유속, 유량 측정 및 위험수준을 경보할 수 있으며 연속적인 자료 수집 가능

\* 영상비교를 통해 물체의 이동거리를 구하고 이를 촬영시간 간격으로 나누는 방법

※ 4개 소하천에 시범설치하여 계측장비의 정확도 검증 후 중랑천 유역 테스트베드 구축('19~)



[그림 9] CCTV 기반 실시간 자동유량계측 기술 개념도<sup>22</sup>

- (수자원위성) 기후변화 대응 및 공간 홍수예보체계 구축을 위한 수자원영상위성과 수자원 통신위성 개발(환경부, 과학기술정보통신부, 국토교통부, 해양경찰청, '22~'25)

[표 4] 수자원위성 및 공공복합통신위성 특징 비교<sup>23</sup>

위성	수자원·수해 영상위성 (차세대 중형위성 5호)	수자원통신위성 (천리안 3호)	
개발 목적	· 동북아시아 지역 재해 정보 파악 · 공간홍수예보체계 구축 · 재해 전조 감시(홍수, 가뭄, 녹조/적조, 지진, 해양재난 등) · 광역국토정보의 축적	· 공공데이터 수집·관리 · 5G/6G 중계기술 확보 · 수문정보 수집·관리 · 해양 감시 통신	
관측 대상	토양수분 등 수문인자(지표)	수문정보(수위, 유량, CCTV 영상) 등	
기술 특성	탑재체	영상레이더위성 (약천후 및 야간 관측 가능)	플렉서블광대역(FBCS), 위성항법 (SBAS), 정보수집(DCS)
	운영고도	562km(극궤도)	3,6000km(정지궤도)
	해상도	10m 이상(고해상도)	해당없음
	관측폭	120km 이상	한반도 주변
	재방문주기	2회/일	상시통신
사업기간	'22~'25	'22~'25	

22) 서울기술연구원(2020) 하천 홍수 예·경보를 위한 CCTV 기반 실시간 유량계측 기술

23) 환경부(2020) 인공지능(AI) 홍수예보 추진계획



#### □ 예보기술

- 관련 부처에서 지역 특성 기반의 다양한 예보플랫폼을 개발하고 있으며 자체 모형 개발 기술과 인공지능·디지털트윈 등의 신기술 활용은 초기 단계임

- **(예측모형)** 수문모형(5대강 7개 중소하천), 수리모형(한강, 낙동강 등 주요하천의 분류 중심 7개 하천)을 구축하고 있으며, 기관별 소하천 예보를 위한 도시유출모형, 통계모형 등 활용(환경부, 행정안전부, 국토교통부)

- 홍수통제소에서 사용하고 있는 현업 모형은 미국 기상청\*에서 개발한 수리학적 예측모형(FidWav)으로 단일 하천 및 다지 수로의 흐름 모의 가능

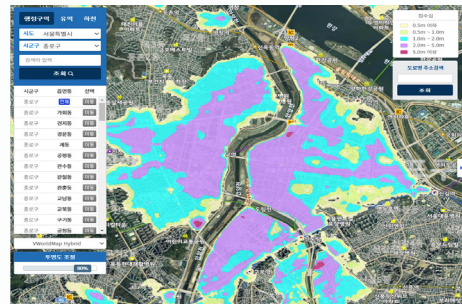
\* NWS(National Weather Service)

※ 관측소별 지점 기상자료를 유역 단위로 산정한 유역면적강우량 또는 하천 인근 지점의 관측자료를 이용할 경우 산출방법에 따라 불확실성이 높음

- **(홍수위험지도)** 기상재해, 하천 범람에 의한 침수예상지역, 피해범위, 예상 침수깊이 등을 표시한 위험지도 구축(환경부, '02)

- **(하천범람지도)** 하천 범람에 의한 침수예상지역, 피해범위, 예상 침수깊이 등 표시

- **(도시침수지도)** 우수배제시설의 용량 초과·고장을 가정한 조건에서 발생 가능한 침수범위, 침수심 등 표시(현재 일부지역에 대해 제작되어 공개)



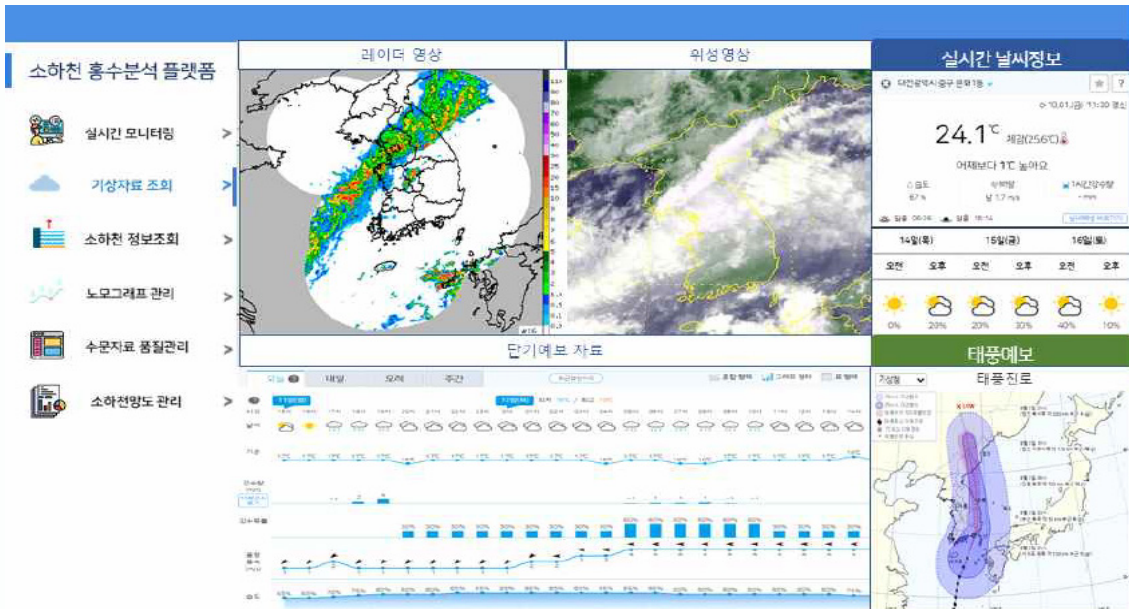
[그림 10] 홍수위험지도시스템 화면<sup>24</sup>

※ 국가하천(4대강 67개 지구) 대상 홍수위험지도 제작('16~'21), 대국민 서비스 및 침수 반발 25개 지구 전국 규모, 지방하천 업데이트('21~)

※ 홍수위험지도는 도시침수지도는 '99년부터 제작되었으나 지역 반발 등으로 인해 현재까지도 제작 진행 중

24) 홍수위험지도 정보시스템 홈페이지 <<https://floodmap.go.kr>>

- (예보플랫폼) IoT, 인공지능 기반 자동시스템, 소하천홍수, 돌발홍수 예보시스템을 구축하여 유역 특성에 따른 홍수예측
  - (자동홍수에·경보) IoT 기반 일체형 관측 및 AI 알고리즘을 적용하여 홍수·하천 범람 예측 시 자동으로 경보를 발령하는 시스템 개발(과학기술정보통신부, '21)
    - ※ 국내 경기도 파주시 설마천, 필리핀 Inabanga 강 및 Loboc 강 유역 테스트베드 구축('21)
  - (소하천홍수) 소하천 유역 기상·수문·하천 단면 자료를 DB화하여 수위, 강우량 현황 실시간 모니터링 및 기상청 MAPLE\* 자료를 활용한 예측정보를 제공하는 플랫폼 구축(국립재난안전연구원, '16)
    - \* (McGill Algorithm for Precipitation Nowcasting by Lagrangian Extrapolation) 레이더 강수량을 외삽방법을 이용하여 예측(10분 간격, ~6시간)한 기상청 실황자료로 이미지(GIF) 형태로 제공



[그림 11] 소하천 홍수분석플랫폼 기상자료 조회 화면<sup>25)</sup>

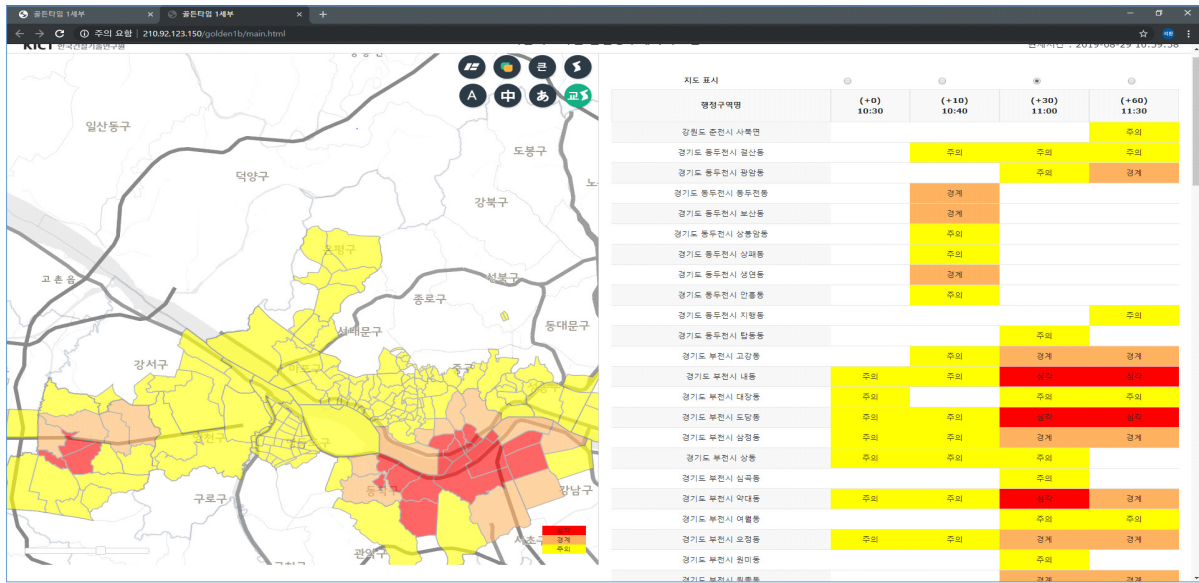
25) 국립재난안전연구원(2021) 소하천 계측 특성정보 구축 및 분석 플랫폼 개발 기획연구



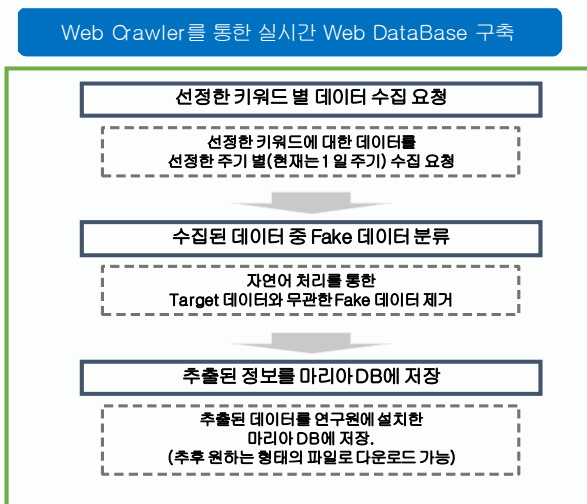
### Ⅲ. 기술동향

- (돌발홍수) 강우레이더를 기반으로 지역별 홍수 특성을 반영한 실시간 돌발홍수예측시스템을 개발하여 1시간 이후의 위험을 도시, 산간, 도서 등 전국 지역을 동(리)단위로 예측(한국건설기술연구원, '19)

※ 웹, SNS 상의 공개 정보를 실시간 모니터링·분석하여 홍수 위험 예측 오차를 스스로 검증·학습하고 다음 예보에 반영



[그림 12] 돌발홍수예측시스템 화면<sup>26</sup>



[그림 13] 홍수 관련 키워드 분석 절차 및 분석화면<sup>27</sup>

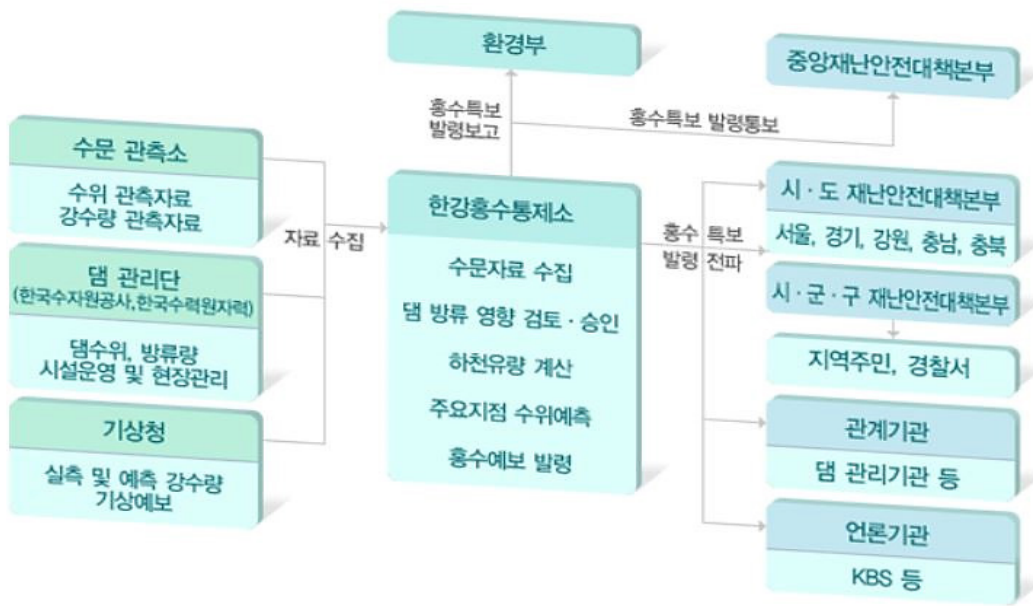
26) 과학기술정보통신부(2019) 도심홍수 막아라 건설연, 돌발홍수예측시스템 개발

27) 과학기술정보통신부(2019) 도심홍수 막아라 건설연, 돌발홍수예측시스템 개발

## IV 하천예보현황

### 국가지방하천 홍수예보

- 국가·지방하천의 홍수예보는 환경부 홍수통제소에서 관할하며 수위, 강수량 등 관측자료를 수집하여 홍수의 통제·관리, 「하천법」에 따른 수문조사 및 예보



[그림 14] 홍수예보 절차<sup>28)</sup>

- 한강, 낙동강, 금강, 영산강 홍수통제소의 4개소를 운영 중임
  - ※ (관할구역) 서울특별시, 인천광역시, 경기도(금강 제외), 강원도(낙동강 제외), 충청북도 중 한강 및 안상천, 충청남도 중 안성천, 경상북도 중 한강 수계지역
- 수문학\*·수리학적\*\* 수치해석 모형으로 예측한 수위변화를 기반으로 물 순환 예보
  - \* (수문모형) 관측소의 강수량, 레이더 자료 등을 활용하여 강우-유출 모형과 수위-유량 관계 곡선식을 이용하며 강우특성 변화가 심하더라도 유출을 정확히 계산할 수 있으나, 모형의 상수를 결정하기 위해 양질의 수문자료 필요
  - \*\* (수리모형) 수문학적 홍수예측이 불가능한 배수·조위영향을 받는 일부 지점의 유출을 해석하기 위한 목적으로 활용

28) 한강홍수통제소 홈페이지 <<http://www.hrfco.go.kr>>

## IV. 하천예보현황

- 홍수예보는 목적, 내용 및 수문(강수량, 수위) 분석에 따른 하천수위의 예측 유·무에 따라 홍수특보와 홍수정보로 구분

- (홍수특보) 하천수위 상승 예측을 통해 범람위험 가능성을 사전에 제공하여 대응·대피 시간을 확보하는 것을 목적으로 전국 총 65개 지점에서 예보 발령

※ (홍수주의보) 계획홍수위의 50% 초과 예상, (홍수경보) 계획홍수위의 70% 초과 예상

[표 5] 홍수특보 지점<sup>29</sup>

(단위: 개소)

구분	한강	낙동강	금강	영산·섬진강	계
국가하천	15	18	10	15	58
지방하천	4	2	1	-	7
계	19	20	11	15	65



[그림 15] 홍수특보 기준수위<sup>30</sup>

- (홍수정보) 고수부지, 천변주차장 등 하천범람 전에도 침수피해가 발생하는 지역에 대한 침수정보를 실시간 하천수위를 바탕으로 수위관측소 총 409개 지점에서 정보 제공

※ 침수위험 정보를 4단계(관심-주의-경계-심각)로 구분

[표 6] 홍수정보 지점<sup>31</sup>

(단위: 개소)

구분	한강	낙동강	금강	영산·섬진강	계
수위관측소	169	162	110	116	557
홍수정보제공지점	158	104	62	85	409
제공비율	93%	64%	56%	73%	73%

29) 기상청(2020) 기상기술정책 Vol.13, No.2

30) 환경부(2020) 인공지능(AI) 홍수예보 추진계획

31) 기상청(2020) 기상기술정책 Vol.13, No.2

## 소하천예보

- 소하천예보는 지방자치단체에서 관할하며 「자연재해대책법」에 따라 태풍·집중호우, 대설, 지진 등의 재난예보체계 구축
  - 소하천은 강우량이 집중되는 산지부와 접하고 있어 집중호우 시 30분~ 1시간 내 수위가 급상승하는 등 강우의 영향을 크게 받는 특징이 있음
  - 하천이 포함되는 구역에 따라 관할기관이 달라 동일 하천이 여러 지자체에 의해 분절되어 관리



수위관측소	관할기관
서울대정문	관악구
신림3교	관악구
관악도림교	관악구
신대방역	서울시
구로디지털단지역	영등포구
구로1교	구로구
도림교	서울시

[그림 16] 서울시 도림천 관할기관 예시<sup>32</sup>

### < 서울시 예·경보 운영기준 >

- 서울시 각 자치구는 기상청과 홍수통제소로부터 예보를 전달받아 4단계로 구분하여 예·경보 시행

[표 7] 서울시 태풍·집중호우 예·경보 기준<sup>33</sup>

구분	판단기준	상황실
평시 (관심)	· 징후감시 필요시 · 예방활동 필요시(30mm/일 미만 강우예보)	치수과
보강 (주의)	· 강우량 30mm/일 이상 예보시 · 태풍·호우 예비특보시	치수과
1단계 (주의)	· 호우주의보 발령시(6시간 70mm이상, 12시간 110mm이상 예보) · 한강대교 수위 4.5m 도달시 · 태풍주의보(풍속 14m/s, 순간풍속 20m/s 이상)	치수과
2단계 (경계)	· 호우경보 발령시(6시간 110mm이상, 12시간 180mm이상 예보) · 홍수주의보: 한강대교 수위 8.5m 이상시 · 태풍경보(풍속 21m/s 이상, 순간풍속 26m/s 이상, 총 강우량 200mm 이상)	재난종합 상황실
3단계 (심각)	· 홍수경보 발령시: 한강대교 수위 10.5m 이상시 · 태풍·호우로 인한 대규모 재난발생 가능성 확실시 · 이재민 다수 발생	재난종합 상황실

32) 서울기술연구원(2021) 도림천 고립사고 예방을 위한 예·경보 시설 운영기준 및 매뉴얼 개선

33) 서울특별시(2015) 재난 예·경보체계 구축 종합계획 및 사업시행계획 수립

< 서울시 도림천 둔치경보 기준 >

- (예·경보기준) 시간 강우-유량-수위변화 분석을 통해 단계별(Level 1~4) 둔치 예·경보기준을 제시하고 자치구 수방업무 매뉴얼 개선(서울기술연구원)

※ 기존 둔치경보 기준은 수위계가 설치된 지점에 따라 상·하류 구간 수위가 둔치를 초과하여 산책로가 침수된 이후 경보 발령 가능성이 있어 대응 시간 부족

[표 8] 도림천 둔치경보 기준(기존)<sup>34</sup>

(단위: E.L.m)

구분	수위계 지점		하상고 ①	둔치침수 ②	둔치주의* ①+{(②-①)×50%}	둔치대피** ①+{(②-①)×75%}	비고
관악구	상류	신림3교	33.21	34.81	34.05(GL.0.8m)	34.45(GL.1.2m)	상류구간 기준수위
	하류	관악도림교	14.28	15.28	14.78	15.03	
동작구	신대방역		13.05	14.05	13.55(GL.0.5m)	13.80(GL.0.75m)	하류구간 기준수위
구로구	대림2교		9.92	11.04	10.48	10.76	
영등포구	구로1교		8.77	10.42	9.60	10.01	

- 소하천 자치구별 대표 구역\*을 설정하여 기상청 동네예보(시간당 15mm 이상)를 기준으로 매뉴얼 개선

\* 동네예보 기준(4개 동): 관악구(신림동), 동작구(신대방1동), 구로구(구로3동), 영등포구(도림동)

- 기상청 관할 5개 AWS 강우관측소\*를 기준으로 한 곳이라도 강수량이 15분당 3.0mm 감지 시 하천 진입을 차단하도록 설정

\* 기상관측소 기준(5개소): 관악(레), 관악, 기상청, 금천, 영등포

[표 9] 단계별 도림천 둔치경보 기준(개선)<sup>35</sup>

단계	조건사항		조치사항	비고
1	관심 (주의)	동네예보 강우예보 시 또는 기상관측소 중 1개소 이상 강수량 표시 지점 시 - 동네예보 시간당 5~10mm - 강수량 15분당 2.0mm 이내	경고방송 송출 및 근무자 대기	비상연락망 확인 및 하천 순찰단 편성
2	둔치 통제	동네예보 강우예보 시 또는 기상관측소 중 1개소 이상 강수량 표시 지점 시 - 동네예보 시간당 15mm 이상 - 강수량 15분당 3.0mm	출입통제 시작	진입 차단 하천순찰단 배치 및 순찰
3	둔치 주의	도림천 수위계 2개소 중 수위 도달 시 - 신림3교 수위: 34.05EL.m(GL.0.8m) 도달 시 - 신대방역 수위: 13.55EL.m(GL.0.5m) 도달 시	하천 밖 이동	
4	둔치 대피	도림천 수위계 2개소 중 수위 도달 시 - 신림3교 수위: 34.45EL.m(GL.1.2m) 도달 시 - 신대방역 수위: 13.80EL.m(GL.0.75m) 도달 시	하천 밖 대피	도림천 전 구간 통제

34) 서울기술연구원(2021) 도림천 고립사고 예방을 위한 예·경보 시설 운영기준 및 매뉴얼 개선

35) 서울기술연구원(2021) 도림천 고립사고 예방을 위한 예·경보 시설 운영기준 및 매뉴얼 개선

### V 시사점

#### □ 홍수재해대응 역량 제고를 위한 하천 관측망 관리 필요

- 장기간 수문관측체계를 구축하여 하천의 특성 변화와 연속성을 고려한 홍수예측정보 생산
- 사용자 참여형 데이터 수집 등 관측망 확대를 통해 상세 기상정보를 확보하여 지역별 홍수예방 기초자료 마련
- 정기적인 기상 관측장비 점검·관리를 통한 신뢰도 높은 관측자료 생산으로 선제적 홍수 대응

#### □ 과학적 하천관리를 위한 홍수예보 플랫폼 및 예보기술 고도화

- 대상지역의 강우특성을 반영한 홍수위험지도 활성화 및 예보 플랫폼의 고도화를 통해 지역·사용자 맞춤형 정보 제공 확대
- 하천관리의 다양화·지능화를 위한 독자적 모형 구축과 인공지능, 디지털트윈 등의 신기술 융합 홍수예보기술 확보 필요
- 하천 수위정보 기반의 홍수경보체계에서 기상예측자료를 활용한 홍수 예·경보체제로의 전환으로 과학적 하천관리 추진

#### □ 기상정보·관측장비의 통합관리 인프라 구축 필요

- 기상정보 통합 데이터베이스 구축 및 데이터 표준화를 통한 기관별 관측자료의 공동 활용 확대
- 관련 부처의 협력 강화를 통해 관측장비의 체계적 운영·관리
- 관측장비의 운영·관리, 지역 특성 기반의 재해위험·영향평가, 복구계획 수립 등 홍수 대응을 위한 표준관리체계 구축
- 지자체 내 기상 전문인력 활용으로 지역별 상세 기상정보 기반의 수방업무 매뉴얼 개선

## 참고문헌

### <참고 문서>

- 과학기술정보통신부(2019) 도심홍수 막아라 건설연, 돌발홍수예측시스템 개발
- 과학기술정보통신부(2021) 2020년도 기술수준평가 결과
- 국립재난안전연구원(2021) 소하천 계측 특성정보 구축 및 분석 플랫폼 개발 기획연구
- 기상청(2020) 기상기술정책 Vol.13, No.2
- 서울기술연구원(2020) 하천 홍수 예·경보를 위한 CCTV 기반 실시간 유량계측 기술
- 서울기술연구원(2021) 도림천 고립사고 예방을 위한 예·경보 시설 운영기준 및 매뉴얼 개선
- 서울특별시(2015) 재난 예·경보체계 구축 종합계획 및 사업시행계획 수립
- 행정안전부(2020) 기후변화에 따른 풍수해 대응 혁신 종합대책
- 행정안전부(2021) 2020 재해연보
- 환경부(2020) 인공지능(AI) 홍수예보 추진계획
- 환경부(2021) 2020 한국수문조사연보
- 환경부(2021) 수자원위성 핵심기술 국산화 및 개발 준비 박차
- 환경부(2022) 선제적·체계적 홍수관리로 인재 발생 막는다
- 환경부(2021) 환경부-국토부, 통합물관리추진단 구성하여 홍수기 대비
- 환경부(2022) 도시침수 및 하천홍수 방지대책



### <참고 사이트>

- 뉴스1(2020.8.7.) “막지 못하나 아님 안 막는건가... 상습침수 지역 피해 매년 반복”
- 뉴스포스트(2022.8.9.) “[현장] 대피령 내린 구로 도림천, 범람 우려 여전”
- 미국 홍수지도 홈페이지 <<https://www.fema.gov/flood-maps>>
- 싱가포르 국립연구재단 유튜브 <<https://www.youtube.com/c/nrfmediasg>>
- 영국 정부 홈페이지 <<https://www.gov.uk>>
- 일본 국토교통성 해저드 맵 홈페이지 <<https://disaportal.gsi.go.jp>>
- 한강홍수통제소 홈페이지 <<http://www.hrfco.go.kr>>
- 홍수위험지도 정보시스템 홈페이지 <<https://floodmap.go.kr>>
- Deepmind 홈페이지 <<https://www.deepmind.com>>
- OpenStreetMap 홈페이지 <<https://www.openstreetmap.org>>

ISSUE PAPER 2022-03

## 하천관리 정책·기술동향 및 기상정보 활용 홍수예보 고도화 방안

**발행일** 2022년 9월 30일  
**발행처** 한국기상산업기술원  
**작성자** 한국기상산업기술원 산업성장본부 정책연구실  
실장 김정현  
과장 김애정  
대리 박진경

- ※ 기상기후산업 정책지는 기상산업시장에 대한 이해를 돕기 위한 참고자료로 작성되었습니다.
- ※ 게재된 내용은 한국기상산업기술원의 공식견해와 다를 수 있으며, 본 보고서를 근거로 행해진 결과에 대하여 어떠한 책임도 부담하지 않습니다.
- ※ 무단 전재 및 복제를 금하며, 내용을 인용할 경우 출처를 명시하여 주시기 바랍니다.

ISSUE PAPER 2022-03

# 하천관리 정책·기술동향 및 기상정보 활용 홍수예보 고도화 방안